



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

MERI VUORIVIRTA
VARASTOITUJEN TEKSTIILIEN HAJUONGELMAT
Diplomityö

Tarkastaja: professori Heikki Mattila
ja yliopistonlehtori Marja Rissanen
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Automaatio-, kone- ja materiaalitek-
niikan tiedekuntaneuvoston kokouk-
sessa 5. maaliskuuta 2014

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Materiaalitekniikan koulutusohjelma

VUORIVIRTA, MERI: Varastoitujen tekstiilien hajuongelmat

Diplomityö, 61 sivua, 4 liitesivua

Kesäkuu 2014

Pääaine: Tekstiili- ja vaatetustekniikka

Tarkastajat: professori Heikki Mattila ja yliopistonlehtori Marja Rissanen

Avainsanat: etikkahappopesu, hajunpoistomenetelmät, hajuarviointi, ionisointikäsittely, mikroskooppikuvaus, otsonikäsittely, pesutesti, silika-geelipussi, tekstiilien varastointi.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää saadaanko varastoiduista tekstiileistä hajuttomia eri hajunpoistomenetelmillä. Toinen tavoite on selvittää, voidaanko pesuparametreja muuttamalla vaikuttaa materiaalin hajuun. Myös silika-geelipussien käytön mahdollisuutta tekstiileiden kanssa varastoinnissa on tutkittu teorian pohjalta.

Kirjallisuusselvityksessä on tarkasteltu mitä haju on ja esitelty aikaisempia tutkimuksia aiheeseen liittyen. On myös selvitetty tekstiili- ja muovimateriaalien ominaisuuksia hajunmuodostumisen kannalta ja kuinka hajua mitataan aistinvaraisesti sekä ei-aistinvaraisesti. Hajunpoistomenetelmistä on paneuduttu vesipesuun, otsonointi- ja ionisointikäsittelyyn. Yrityksen alihankintapesulan pesuparametreja ja muovien hajun vähentämistä on tarkasteltu.

Diplomityön tutkimusosan alussa on selvitetty tutkimusmateriaalit ja -menetelmät. Tutkimusmateriaalit valittiin seitsemästä armeijatekstiilistä, joita tutkittiin mikroskoopin avulla ennen hajunpoistokäsittelyitä ja niiden jälkeen. Tekstiileistä on esitetty myös mikroskooppikuvat. Pesutestit suoritettiin standardin SFS-EN ISO 105-C06 mukaisesti Linitest-laitteella Tampereen teknillisen yliopiston laboratoriossa. Pesulämpötilat olivat +40°C astetta ja +60°C astetta sekä pesuajat 30 ja 45 minuuttia. Pesuaineina käytettiin Kiilto Antibact ja Serto Green pesuaineita sekä 5 paino-%:sta etikkahappoa. Arviointiryhmä arvioi näytteiden hajuarvoja arviointilomakkeiden avulla ennen hajunpoistokäsittelyitä ja niiden jälkeen. Analysoitujen tulosten perusteella on tehty johtopäätökset. Lisäksi on pohdittu tutkimustulosten luotettavuutta. Tuloksia on tarkasteltu pesulämpötilan ja pesuajan vaikutuksen näkökulmasta. Tulokset osoittivat, että hajunpoistokäsittelyillä saatiin hajuttomia materiaaleja. Pesutesteillä ja ionisoinnilla saatiin näytteistä hajuttomia. Otsonointi ei tehnyt näytteitä hajuttomiksi. Lisäksi pesuparametreja muuttamalla saatiin hajuttomia materiaaleja. Pesulämpötilan nostaminen +60°C asteeseen ja pesuajan pidentäminen 45 minuuttiin antoivat eniten hajuttomia tuloksia. Näytteiden hajuttomuus pesutestien jälkeen perustui korkean pesulämpötilan vaikutukseen ja pesuaineiden kostutus-, desinfiointi- ja liankantokykyyn. Yritys voi tulevaisuudessa pohtia ionisointia ja otsonointia vesipesujen lisäksi, jollin hajunpoisto tehostuu ja saadaan parempi lopputulos. Silika-geelipussien käyttö varastoinnin yhteydessä on suositeltavaa tekstiilien kosteus- ja mikrobiongelmiin ehkäisemiseksi. Liuotinpesun vaikutusta muovimateriaaleihin voisi tutkia jatkotutkimuksessa.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Materials Science

VUORIVIRTA, MERI: Odour problems of the Stored Textiles

Master of Science Thesis, 61 pages, 4 Appendix pages

June 2014

Major: Textile and Clothing Technology

Examiner: Professor Heikki Mattila and University Lecturer Marja Rissanen

Keywords: acetic acid wash, odour control, odour evaluation, ozone treatment, ionization treatment, microscope picture, silica-gel bag, wash test, storage of the textiles.

The objective of this thesis is to find out is it possible to get textiles odourless with different odour control treatments and is it possible to affect to the odours of the textiles by changing wash parameters. Also the use of Silica-gel bags with the textiles in the warehouse is studied on the basis of the theory.

The literature report examines what is smell and how it is possible to measure it with sensory and non-sensory methods. The research of earlier studies has been examined. The features of textile materials from the smell forming point of view is also studied. Wash test, ionization and ozonization are chosen for the odour control treatments. The wash parameters of the subcontracting laundry wash have also been studied.

Used materials and the methods have been explained. The samples were chosen in co-operation with Globe Hope Ltd. The samples were examined before odour control treatments and after them with the help of the microscope and photos of those are clarifying the study. The wash tests were done with the Linitest device according to the SFS-EN ISO 105-C06 standard in the laboratory of the Tampere University of Technology. The wash temperatures were +40°C degree and +60°C degree and wash times were 30 minutes and 45 minutes. The detergents were Kiilto Antibact, Serto Green and a 5 percent of weight acetic acid. The evaluation team estimated the smell values of the samples before odour control treatments and after them with the help of the evaluation form. The results was analysed and conclusions have been done with the base of the theory. The reliability of the research results have also been thought. The results showed that it was possible to get odourless samples with used odour control treatments. The best results reached when the wash temperature raised up to +60°C degrees or wash time extended to 45 minutes. High wash temperature, soil removing ability and disinfection properties of the detergents were reasons for it. The samples come odourless or almost odourless with ozonisation or ionization treatments. In future the company can consider those in addition to wash because those will give better final result and odour reduction will become more efficient. The use of Silica-gel bags in the storage is recommended and damages of the textiles would be prevented. Next research can be the solvent wash of the plastics textiles.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on kirjoitettu yhteistyössä Globe Hope Oy:n kanssa. Yrityksen kierrätetyissä ja varastoiduissa armeijan tekstiileissä on esiintynyt epämiellyttävää ja ummeh-tunutta hajua, josta yritys haluaa päästä eroon, sillä asiakkaat ovat palauttaneet haisevia tuotteita takaisin yritykseen. Sillä on imagollinen ja rahallinen vaikutus yritykseen. Tä-mä diplomityö on tutkinut haisevien varastoitujen tekstiilien hajunpoistoa. Kierrätykses-tä on tullut muotia ja ihmiset käyttävät kierrätetyistä materiaaleista valmistettuja tuottei-ta yhä enemmän. On siis tärkeää paneutua tekstiilien hajuongelmaan, selvittää miten haju syntyy ja mitä hajunpoistomenetelmiä on käytettävissä. Lisäksi on ymmärrettävä miten hajun syntymistä voidaan ehkäistä. Mutta saadaanko kierrätetyt tekstiilit hajun-poistomenetelmillä pysyvästi hajuttomiksi?

Tahdon kiittää Globe Hope Oy:tä haastavasta ja innostavasta aiheesta. Toimi-tusjohtaja Seija Lukkala ja tuotannonohjaaja Kati Luoma ovat tahoillaan auttaneet ja innostaneet työn tekemisessä. Yrityksen ideologia on mielenkiintoinen ja aiheen kanta-va voima.

Suuri kiitos diplomityön ohjaajilleni professori Heikki Mattilalle ja yliopisto-opettajalle Marja Rissaselle, jotka ovat innostaneet ja anteen tärkeitä kommentteja koko diplomityönprosessin aikana. Heidän neuvonsa ovat olleet suureksi avuksi. Kiitos kuu-luu myös tutkimuksessa mukana olleille Tampereen teknillisen yliopiston henkilökun-nan vapaaehtoisille hajuarvioijille, jotka osallistuivat hajutestien tekemiseen ja tekivät pesutestien tulosten arvioinnin mahdolliseksi.

Kiitokset kuuluvat myös tutkimustyön apuna toimineelle tuotekehityskemisti Tomi Peltoselle Kiilto Clean Oy:ssä, joka on tukenut tutkimuksen pesutestejä pesuaine-näytteiden kanssa. Hän on myös antanut arvokkaita kommentteja diplomityöhön.

Viimeisenä kiitän erityisesti taustajoukkojani kotona. Iso kiitos perheelleni eli miehelleni Juhalle ja lapsilleni Venlalle, Niklakselle ja Paulukselle. Perheeltä on vaadi-ttu paljon kärsivällisyyttä opiskelun ja diplomityöprosessin aikana. Työn tekeminen on vaatinut aikataulujen ja perheenarjen yhteensovittamista, joka on tuonut lisähaastetta tähän projektiin.

Tampereella 19.5.2014

Meri Vuorivirta

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
1.1 Yrityksen nykyiset prosessit	2
1.2 Yrityksen varastointitilat	4
1.3 Yrityksen alihankintapesulaprosessi	6
1.4 Yrityksen käyttämä yhteisömerkki	6
2 HAJU	8
2.1 Aiempia tutkimuksia	9
3 TEKSTIILIMATERIAALINEN OMINAISUUDET HAJUNMUODOSTUMISEN KANNALTA	12
3.1 Muovien ominaisuudet	13
3.2 Silika-geelin ominaisuudet	15
4 HAJUN MITTAAMINEN	17
4.1 Aistinvarainen hajun mittaaminen	18
4.2 Ei-aistinvarainen hajun mittaaminen	18
4.3 Elektroninen nenä	18
4.4 Hajututkimus olfaktometrillä	19
4.5 Monianturijärjestelmä	21
5 HAJUNPOISTOMENETELMÄT	22
5.1 Tekstiilien vesipesu hajunpoistossa	22
5.2 Pesuparametrit alihankintapesulassa	24
5.3 Otsonin ominaisuudet	24
5.4 Neutralointi	26
5.5 Ionisointi	26
5.6 Muovien hajun vähentäminen	27
5.7 Muut hajunpoistomenetelmät	28
6 TUTKIMUSMATERIAALIT JA –MENETELMÄT	29
6.1 Näytepalat mikroskoopissa	30
6.2 Tutkimusmenetelmät	36
6.3 Pesun A tutkimusmenetelmät	39
6.4 Pesun B tutkimusmenetelmät	41
6.5 Pesun C tutkimusmenetelmät	41
6.6 Hajuarviointiryhmä	43
7 TULOKSET	44
7.1 +40°C asteen pesulämpötilan vaikutus hajunpoistoon	44
7.2 +60°C asteen pesulämpötilan vaikutus hajunpoistoon	46
7.2.1 +40°C asteen ja +60°C asteen pesujen vaikutusten vertailu	47
7.3 Pesuajan vaikutus hajunpoistoon	49
7.4 Mikroskooppitarkastelu pesun jälkeen	51

7.4 Otsonointikäsittelyn tulokset.....	51
7.5 Yhteenveto hajunpoistokäsittelyiden tuloksista.....	52
8 TULOSTEN LUOTETTAVUUDEN TARKASTELU	54
9 YHTEENVETO	55
LÄHTEET	57

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

Finatex	Tekstiili- ja vaateteollisuus Finatex ry
HT	High Tenacity
LS	Low Shrinkage
MOSES	Modular Sensor System
MOSFET	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor
Olfaktometri	Hajunmittausmenetelmä
PE	Polyeteeni
PP	Polypropeeni
PTFE	Polytetrafluorieteeni
PVC	Polyvinyylikloridi
SFS	Suomen standardoimisliitto SFS ry
VDI-Richlinien	Hajunmittauslaitteen tulostenlaskija
VTT	Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus
UV	Ultravioletti
QMB	Quartz Microbalance Sensor

1 JOHDANTO

Tässä työssä paneudutaan varastoitujen tekstiilien hajuongelmiin nummelalaisessa yrityksessä Globe Hope Oy:ssä. Tutkimusongelman lähtökohtana on armeijatekstiilien raakamalleissa ja materiaaleissa esiintyvä ummehtunut haju, josta yritys haluaa päästä eroon. Asiakkaat ovat palauttaneet pahanhajuisia tuotteita takaisin yritykseen, joka vaikuttaa myös yrityksen imagoon. Hajun alkuperää ei ole ollut tarpeellista selvittää tässä tutkimuksessa. Tutkimuksen alussa on asetettu tutkimuskysymykset (Anttila 199, 488 s.) Kvantitatiivisessa tutkimuksessa tutkimus lähtee liikkeelle siten, että tutkija hakee ja löytää tutkittavasta ilmiöstä olennaisen kysymyksen, johon on tärkeää saada vastaus. Kysymykset muotoillaan niin, että niihin saadaan vastaus aineiston avulla. Tässä tutkimuksessa asetetut tutkimuskysymykset ovat:

- Saadaanko haju poistettua materiaaleista hajunpoistomenetelmillä?
- Voidaanko pesuprosessin parametreja muuttamalla vaikuttaa materiaalien hajuun?
- Onko silika-geelipussien käyttö mahdollista materiaalien varastoinnissa?

Työn tavoitteena on saada haisevista armeijatekstiileistä hajuttomia erilaisilla hajunpoistokäsittelyillä, joista tässä työssä on paneuduttu pesutesteihin sekä ionisointi- ja otsonointikäsittelyihin. Rakenteellisesti tutkimus etenee teoreettisesta taustaista kohti käytäntöä. Teoriaosan jälkeen on kerrottu tutkimuksen toteutusta ja tuloksia. Työn lopussa on tutkimustulosten luotettavuudesta pohdintaa. Lisäksi yhteenvedossa on tuotu esiin tutkimuksen tärkeimmät kohdat ja annetaan yritykselle ehdotuksia tulevaisuutta varten. Luvussa 2 kerrotaan hajusta ja tuodaan esille aikaisempia tutkimuksia aiheesta. Luvussa 3 on esitetty tekstiilimateriaalien ominaisuudet hajunmuodostumisen kannalta. Esille on tuotu sille luonnonkuitujen ja muovimateriaalien ominaisuuksia. Luvussa 4 on esitetty hajunmittaaminen aistinvaraisilla ja ei-aistinvaraisilla menetelmillä. Luku 5 käsittelee hajunpoistomenetelmiä, joista tutkimuksen kannalta tärkeimmät ovat vesipesu, ionisointi ja otsonointi. Myös muita hajunpoistokäsittelyitä tuodaan esille. Luvussa 6 on käyty läpi tutkimusmateriaalit ja -menetelmät. Pesutestien tarkoituksena oli tutkia pesulämpötilan ja pesuajan vaikutusta tutkittaviin näytteisiin. Pesutestit tehtiin ensin pesussa A +40°C asteessa Kiilto Antibact ja Serto Green pesuainenäytteillä sekä 5 paino-%:lla etikkahapolla, jossa pesuaika oli 30 minuuttia. Pesu B tehtiin +60°C asteen pesulämpötilassa Kiilto Antibact ja Serto Green pesuainenäytteillä sekä 5 paino-%:lla etikkahapolla, jossa pesuaika oli 30 minuuttia. Pesu C tehtiin +60°C asteen pesulämpötilassa, jossa pesuaika oli 45 minuuttia ja huuhtelut kaksinkertaisia. Lisäksi näytteille tehtiin ionisointi ja otsonointikäsittelyt. Tutkimusta varten kerättiin hajuarvointiryhmä, joka arvioi ennen hajunpoistokäsittelyitä, sekä niiden jälkeen kangasnäytteitä hajuarvointilomak-

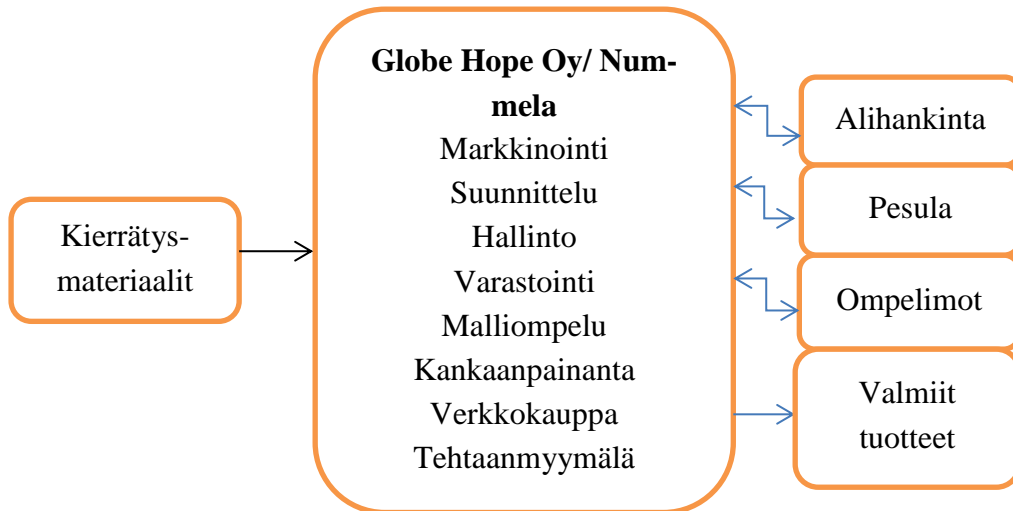
keilla. Luvussa 7 on esitetty pesutestien, ionisointi- ja otsonointikäsitteilyiden tärkeimmät tulokset tutkimuskysymyksien kannalta. Luvussa 8 on esitetty tutkimuksen yhteenveto ja luotettavuuden arviointi. Yhteenveto on luvussa 9, jossa on tiivistetty oleellimmat asiat tutkimuksen pohjalta sekä annettu yritykselle suositukset tulevaisuutta ajatellen.

Tutkimustyöhön on saatu Kiilto Clean Oy:stä nestemäisiä pesuainenäytteitä, joita olivat Kiilto Antiback ja Serto Green. Ennen pesutestejä otettiin yhteys neljään eri ammattimaisiin pesuaineita maahantuovaan tai niitä myyvään yritykseen. Näitä olivat Ecolab, Kiilto Clean Oy, Diversey Oy ja Berner Oy, joista Kiilto Clean Oy halusi ottaa osaa tähän tutkimukseen.

Andreaus et al. (2010) ovat tutkineet ”Application of cyclodextrins in textile processes” tutkimuksessa syklodektstriinien sovelluksia tekstiiliprosesseissa. York et al. (2004) ovat tutkineet tutkimuksessa ”Measuring the olfactory properties of textiles: Human sensory panel or electronic nose?” tekstiilien hajuominaisuuksien mittaamista ja selvittäneet inhimillisen aistinvaraisen paneelin ja elektronisen nenän käyttöä tutkimuksessa. Payne et al. (2004) ovat tutkineet tutkimuksessa ”Comfortable apparel antibacterial fabrics stay fresher for longer” kuinka mukavat antibakteeriset vaatteet pysyvät tuoreempina pidempään. McQueen (2010, pp. 58-63) on tutkinut tutkimuksessa ”Determination of Antimicrobial Efficacy for Textile Products Against Odor-Causing Bacteria” mikrobeilta suojaavan tehokkuuden määrittystä tekstiilituotteissa hajua-aiheuttavia bakteereita vastaan. Bledzki et al. (1999) ovat tutkineet hajun vähentämistä muoveissa tutkimuksessa ”Odour reduction on plastics and its measurement”. Kafui et al. (1994) ovat tutkineet tutkimuksessa ”Transient Heat and Moisture Transfer in Thin Silica Gel Beds” silika-geelin lämmön- ja kosteudensiirtoa. Pesaran et al. (1987) ovat tutkineet silika-geeliä tutkimuksessa ”Moisture transport in silica gel packed beds—I. Theoretical study”.

1.1 Yrityksen nykyiset prosessit

Yritys muokkaa käyttötarkoituksestaan tarpeettomaksi jääneistä raaka-aineista ja materiaaleista uusia vaatteita, laukkuja ja asusteita. Yrityksen toiminta perustuu esteettisyyteen, ekologisuuteen ja eettisyyteen. Päätoimipaikassa Nummelassa työskentelee 13 henkilöä, jonne on keskitetty suunnittelu, markkinointi, hallinto, tuotannon valmistelu, malliompelu, korujen kokoonpano sekä materiaalien varastointi ja verkkokauppa. Lisäksi rakennuksessa on tehtaanmyymälä. Yrityksen toiminta periaate on esitetty kuvassa 1.1. (Globe Hope Oy 2014a.)



Kuva 1.1. Globe Hope Oy:n toimintaperiaate.

Armeijatekstiilit muodostavat yhden suurimmista ja monipuolisimmasta materiaali-perheistä yritykselle. Yritys hyödyntää armeijan varmuusvarastojen poistoja ja lukuisia käytettyjä armeijatekstiilejä, kuten uniformuja, varustesäkkejä, laukkuja ja asusteita. Kuvassa 1.2 on esitetty armeijan villakangastakki. Aiemmin suurin osa yrityksen käyttämistä armeijatekstiileistä tuli Ruotsin armeijan varastoista, jotka olivat jopa vuosikymmenten takaa. Nykyään yritys hankkii armeijamateriaaleja yhä enemmän eri puolilta Keski-Eurooppaa.



Kuva 1.2. Armeijan villakangastakki.

Armeijatekstiilit ovat erinomaista raaka-ainetta yrityksen tuotteille, sillä ne ovat laadukkaita ja tehty kestämään rankkaa kulutusta ja pesua. Armeijamateriaaleista on käytössä eniten erilaisia varustesäkkejä, telttasuojia, takkeja, housuja sekä moneksi muokkautuvia armeijan villahuiveja ja liipasinsormireiällä varustettuja lapasia. Kuvassa 1.3 on esitetty armeijan varustesäkki. Armeijatuotteissa näkyy usein vahvasti materiaalin aiempi elämä ja historia muun muassa patinoituneina värisävyinä tai erilaisina leimoina. Kuvassa 1.4 näkyy armeijatuotteessa leimoja.



Kuva 1.3 Armeijan varustesäkki. 1.4. Armeijatekstiilin leimoja.

Armeijan materiaaleja on myös saatavilla suuria määriä, joka mahdollistaa yrityksen tuotannolle suuret, teolliset tuotantoerät. (Globe Hope Oy 2014b.)

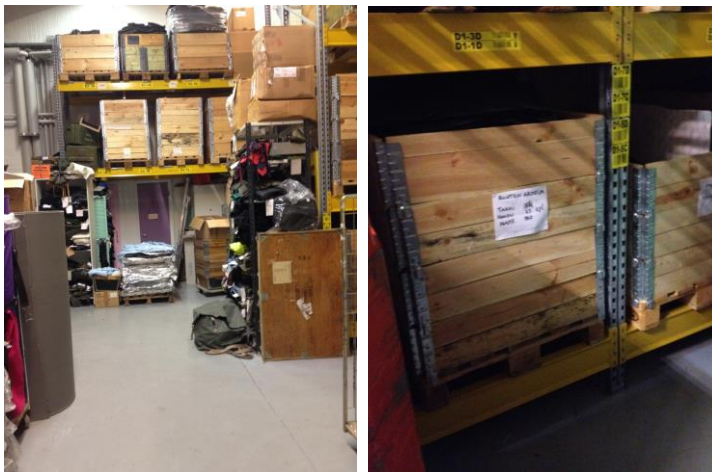
1.2 Yrityksen varastointitilat

Tutkimuksen alussa tutustuttiin yrityksen varastotiloihin Nummelassa. Globe Hope Oy hankkii materiaalit diilerin kautta, joka tuo Globe Hope Oy:lle myyntierän näyttille. Sen perusteella neuvotellaan hinnat ja määrät. Yritys saattaa ostaa isomman erän tiettyä materiaalia, josta valmistetaan pienempi erä tuotteita ja loput materiaalit jäävät odottamaan varastoon myöhempää käyttöä. Materiaalien alkuperän selvittäminen jälkikäteen on hankalaa ja varastointihistoriaa pystyy yleensä jäljittämään vain diilerille asti. Materiaalivarastot ovat hajanaisesti eri puolilla Eurooppaa ja jotkut materiaalit ovat saattaneet olla varastoissa jopa 30 vuotta. Eri diilerin käyttö ei ratkaise ongelmaa, sillä samat materiaalit liikkuvat markkinoilla vaikka vaihdettaisiin toiseen diileriin. Raakamateriaalit ja valmiit myyntiin menevät tuotteet ovat varastotiloissa Nummelan pääkonttorin yhteydessä. Tekstiilit ovat varastoituna varastohyllyissä avonaisina puulaatikoissa, pahvilaatikoissa, tyhjiöpakattuina folioon tai muoviin käärittyinä, joka näkyy kuvassa 1.5. Villasarkakankaat ovat käärittynä folioon. Yleensä materiaalit lähetetään yritykseen pahvilaatikoissa. Osa Ruotsin armeijan vaatteista on pakattu pahvilaatikoihin, jotka on suljettu pikiteipillä. (Lukkala 2013a)



Kuva 1.5. Armeijatekstiilejä Globe Hope Oy:n varastossa vakuumpakkauksissa.

Varastotilojen tekstiileistä ei käy ilmi miten niitä on säilytetty aiemmin. Nyt ei tiedetä onko tekstiilit säilytetty aiemmin kylmässä, lämpimässä, avonaisena, suljettuna, kuivassa tai kosteassa paikassa. Lisäksi samassa varastossa säilytetään samassa tilassa haisevia materiaaleja ja ei-haisevia materiaaleja, jolloin hajut voivat tarttua toisiin materiaaleihin. Varastotiloja on kuvattuna kuvissa 1.6 ja 1.7. (Lukkala 2013a)



Kuvat 1.6 ja 1.7. Globe Hope Oy:n varastotiloja kuvattuna Nummelassa.

Kankaat toimitetaan ja varastoidaan yleensä pakkoina. Vastaanotetut pakat tarkastetaan, määrätietoja verrataan pakkalapuissa annettuihin tietoihin ja mahdolliset virheet merkitään. Materiaalin tiedot, kuten kankaan laatu, väri, leveys ja pituus sekä tiedot virheistä tallennetaan tietokantaan. Tietoja käytetään muun muassa ladossuunnittelussa. Kankaat ladotaan esimerkiksi lavoilta odottamaan keräystä leikkuuseen. Kunkin pakan sijaintitiedot kirjataan samoin varastokirjanpitoon.

Varastointi on tehtävä kunkin materiaalin vaatimusten mukaan. Esimerkiksi joidenkin vuorikankaiden värit saattavat kärsiä voimakkaasta valosta. Nukatut kankaat taas kärsivät puristuksesta, joten liian tiukkoja rullia on vältettävä. Materiaalivarastossa tarvittavaa kalustoa ovat ainakin kankaantarkastuskone, tietokonepääte, varastolavat ja -hyllyt

sekä siirtotrukit ja siirtokärryt kankaiden siirtelyyn varaston sisällä sekä varaston leikkaamoon. (Mattilan et al. 2008.)

Varaston suunnittelussa määritetään lavan kapasiteetti arvioimalla kuinka monta metriä kangasta lavaan mahtuu. Lavojen arvioidaan olevan esimerkiksi 75 % täynnä. Jakamalla tavoitevarastomäärä lavan kapasiteetilla, saadaan tarvittava lavojen lukumäärä. Varastokapasiteetti määritetään maksimivarastomäärien mukaan. Sen jälkeen suunnitellaan tarvittavat käytävätilat ja lasketaan varaston koko pinta-ala, kun samalla otetaan huomioon kuinka monta lavaa voidaan varastoida päällekkäin. (Mattila et al. 2008.)

1.3 Yrityksen alihankintapesulaprosessi

Globe Hope Oy:n kaikki tekstiilimateriaalit pestään ennen tuotantoa pesulassa alihankinnassa Virossa. Tekstiilit lähtevät yrityksestä pesulaan Kopra Transport autokuljetuksella 1-2 kertaa viikossa. Tekstiilejä ei värjätä tai valkaista ennen pesutapahtumaa. Tuotteet menevät suoraan pesuliemeen ilman muita esikäsittelyitä. (Luoma 2014b) Pesuaineena on jauhemainen Kiilto L 103 Color, joka on suunniteltu kirjopyykille erityisesti pesulakäyttöön, missä pestään suuret määrät tekstiileitä kerrallaan. Tuote on tehokas hajunpoistotarkoituksissa, koska tuotteen karbonaatit ja bikarbonaatit voivat toimia omalta osaltaan hajunsyöjinä. Bikarbonaatti on mukana esimerkiksi hien ja ummehtuneiden hajujen neutraloinnissa. (Peltonen 2014b)

1.4 Yrityksen käyttämä yhteisömerkki

Design from Finland-merkki on rekisteröity yhteisömerkki, joka kertoo ostajalle muotoilun suomalaisesta alkuperästä. Kuvassa 1.8 on kuvattuna Design from Finland merkki. Design from Finland-merkki voidaan myöntää tuotteelle tai palvelulle, joka on muotoiltu Suomessa ja voidaan osoittaa, että muotoiluun on investoitu ja sen tuloksena tuotteen tai palvelun asiakkaalle tuottama lisäarvo sekä erottautumis- ja kilpailukyky on kasvanut. (Avainlippu, 2014.)



Kuva 1.8. Design from Finland-merkki Globe Hope Oy:ssä.

Merkkiä käytetään yhdessä tuotetietolapun kanssa, jossa kerrotaan tuotetietojen lisäksi lyhyesti tuotteen historiasta, eli missä kangas on aiemmin ollut käytössä ennen kierrätystä.

2 HAJU

Hajua voidaan kuvailla aineen ominaisuudeksi, joka on havaittavissa hajuaistilla. (Bartels 2011, 567 p.) Hajut ovat hajujärjestelmämme tietoisia tuloksia kemikaaleista. Kemikaalit havaitaan suun ja nenän kanavissa. Aistihavainnot välittyvät aivoihimme, jossa ne voidaan käsitellä negatiivisiksi. Hajuhermo välittää havainnon kemiallisesta hajusta aivoihimme. Aivojen kolmoishermo yhdistää hajun kirpeyteen tai ärsyttävyyteen aivojen kemiallisen altistumisen takia. (Lehr et al. 2005.)

Useat kemikaalit, jotka aiheuttavat negatiivisen reaktion, eli pahan hajun, liittyvät bakteereihin. Ne voivat olla merkinä läsnä olevista tautia aiheuttavista organismeista. Inhimillinen hajujärjestelmä voi havaita näistä tautia aiheuttavista kemikaaleista vain miljardisosan. Kemikaalit, jotka aiheuttavat hajureaktion, kutsutaan hajusteiksi. Inhimillinen hajujärjestelmä pystyy havaitsemaan laajan valikoiman hajusteita. Hajun voimakkuutta voidaan mitata laimennussuhteella ja tulokset voidaan raportoida herkkyysuhteena, tunnistamisherkkyyssuhteena tai kynnsarvoon laimennettuna. Hajun voimakkuus liittyy usein vastaavaan voimakkuuteen, joka on tuotettu alistamalla hajuelementti kiinnostavalle näytteelle ja korreloimalla hajuelementin vastausta butanolipohjaiseen normaalimittakaavaan. Hajun pysyvyyttä on tulkittu altistumisen kestonä ja raportoitu annosvaste-toimintana. Hajun luonne on kuvaileva asteikko, joka kuvaa miltä tuoksu haisee perustuen varmoihin kuvaileviin termeihin. (Lehr et al 2005, 4128 p.)

Vallero (2008, 919 p.) on todennut, että hajusteet ovat kemiallisia yhdisteitä kuten rikkivety (H_2S), joka haisee kuin mätä kananmuna. Hajusteita voidaan mitata kemiallisella tai aistinvaraisella menetelmällä. Aistinvaraiset menetelmät ovat niitä, jotka ovat riippuvaisia inhimillisen nenän vastauksesta tuoksuun. Vaikka kemialliset nenät saattavat olla hyödyllisiä tietyn hajusteiden tunnistamisessa ja ilmaisemisessa määrällisesti, inhimillinen reaktio on ainoa tapa arvioida hajusteiden hyväksyttävyyttä ilmapiirissä. Tämä on seurausta monesta tekijästä, kuten konsentraatiosta ja inhimillisestä reaktiosta, yksittäisten vastauksien vaihtelevuudessa tiettyyn hajusteeseen ja tuoksun aistinvaraisista ominaisuuksista.

Vallero (2008, 919 p.) esittää, että hajun neljä ominaispiirrettä ovat aistinvaraisen mittauksen kohteena, joita ovat tuoksuintensiteetti, havaittavuus, tyyppi (laatu) ja hedoninen sävy (miellyttävyys-ikävyys). Tuoksuintensiteetti on havaitun hajun suuruus ja kuvaillaan luokitellulla asteikolla, esimerkiksi pyörtymisen, maltillisen, vahvan tai numeroasteikolla 1-10. Tuoksun havaittavuus tai kynnsarja ei ole absoluuttinen taso, mutta se riippuu siitä, kuinka hajuste on läsnä. Se voi olla läsnä esimerkiksi yksin vai sekoittuneena. Tuoksutyyppi tai laatu on ominaispiirre, joka sallii sen kuvauksen tai

luokituksen muihin tuoksuihin verrattuna, kuten makea ja hapan tai haisunäädän tuoksu. Viimeinen tyyppi on hedoninen tyyppi, joka viittaa hajusteen hyväksyttävyyteen.

Hajujen ja aromien läpäisyä on vaikea mitata määrällisesti, koska ne sisältävät paljon eri komponentteja. Hyvin usein vain yksittäinen aromin komponentti on mitattu, mikäli määrällinen arvo on ollut määriteltävänä. Toinen tärkeä aromiin liittyvä asia on niin kutsuttu aromikaavinta (flavor scalping), joka on tuotteen valikoitu absorbtio tietyn aromin ainesosasta. Polyolefiinit ovat tunnettuja arominkaapioita. Hyviä estäjiä orgaanisille kaasuille ovat sellofaani, polyvinyylidikloridi (PVC) ja vinyyli. Asetyyliiselluloosa ja polyeteeni (PE) ovat huonoja hajun ja aromien estäjiä, ellei niitä ole pinnoitettu hyvällä estomateriaalilla. (McKeen, 379 p.)

2.1 Aiempia tutkimuksia

Aiempia vastaavia diplomitöitä tai tutkimuksia ei ole tehty tekstiilien hajunpoistosta Tampereen teknilliselle yliopistolle. Globe Hope Oy on aiemmin tehnyt itse joillekin tekstiileille neutralisointikäsittelyitä, jolloin käytössä on ollut Odosorb-hajunpoistoaine. Hajunpoistokäsittelyistä tai niiden ajankohdasta ei ollut tarkempaa tietoa saatavilla. Yrityksessä on aiemmin tehty myös ionisointikäsittely, joka on ollut melko kallis hajunpoistokäsittely. Yrityksen mukaan ionisointi poisti kuitenkin hajuja paremmin kuin pesu. Dokumentaatioita käsittelyistä tai niiden ajankohdasta ei ollut saatavilla. (Lukkala 2013a)

Muita tutkimuksia aihealueeseen liittyen on nimeltään ”Application of cyclodextrins in textile processes” eli syklodektstriinienn sovellukset tekstiiliprosesseissa. (Andreas et al, 2010, 13 pp.) Syklodektstriinit ovat vesiliukoisia syklisiä sokereita, joilla on hydrofobisia nanometrisiä onkaloita sallien isäntä/vieraan muodostamisen monenlaisista molekyyleistä fysikaalis-kemiallisia ominaisuuksia vaihdellen. Syklodektstriinit saattavat toimia kapseloivana, hajottavana ja tasoittavana agenttina tekstiilien värjäyksessä ja pesussa. Lisäksi ne saatetaan ankkuroida polymeereihin ja tekstiilikuituihin, jotta saataisiin hyviä ominaisuuksia kuten tuoksun vähenemistä, UV-suojaa tai hajujen kontrolloitua vapautumista hajuvesistä, aromeista, hyttyskarkotteista tai aineista, joilla on terapeuttinen vaikutus.

York et al. (2004, 3-6 pp.) esittävät tutkimuksessaan ”Measuring the olfactory properties of textiles: Human sensory panel or electronic nose?” tekstiilien hajuominaisuuksien mittaamista inhimillisellä aistinvaraisella paneelilla ja elektronisella nenällä. Tiettyjen kotitaloustekstiilien, sukkien, henkilökohtaisten tai lasten vaatteiden myyntiä edistetään niiden hajun tai houkuttelevan tuoksun takia, joka vapautuu hitaasti ajan kuluessa. Vaikka tämä ilmiö tunnetaan hyvin, ei silti ymmärretä vielä kovin hyvin tekstiilien fyysisiä hajuominaisuuksia, jotka vaikuttavat kemiallisiin ominaisuuksiin ja pintaominaisuuksiin. Aikaisempien kokeiden tavoitteena on ollut määrittää tekstiileistä vapautuvan tuoksun käyttäytymistä käyttämällä koulutettuja aistinvaraisia paneeleita ja olfaktometreja, jotka esittävät tuoksun paneelille valvottujen olosuhteiden alla. Tämä voi olla hidas, pitkäkestoinen ja kallis menettely. Nykyään, elektronisessa nenäteknolo-

giassa on keinotekoisia anturijärjestelmiä, jotka tallentavat hajuvasteen. Niillä on potentiaalia suorittaa mittaukset nopeammin ja halvemmalla kuin aiemmin. Tavoitteena on ollut ymmärtää kuitujen ja kankaiden hajun vapautumisen ominaisuuksia, jotka ovat altistuneet standardoidulle ympäristön hajulle tietyn ajanjakson aikana valvottujen olosuhteiden alla. Hajun ominaisuuksia on mitattu perinteisellä aistinvaraisella paneelilla ja elektronisella nenäjärjestelmällä. Vastaukset raportoidaan paperille erityyppisten kuitujen ja kankaiden havaituista hajuvastauksista. Tämä tekee mahdolliseksi valita, mitkä tekstiilirakenteet voivat toimia tarkoituksenmukaisina näytteenotto-materiaaleina ympäristön hajuille.

Payne et al. (2004) ovat selvittäneet tutkimuksessa ”Comfortable apparel anti-bacterial fabrics stay fresher for longer”, kuinka antibakteeriset vaatteet pysyvät raikkaampina pidempään. Tuoksulla on perustavanlaatuinen vaikutus ihmisten mukavuuteen ja tunteeseen hyvinvoinnista. Vaatetus, pyyhkeet, vuodevaatteet ja keittiöpyyhkeet ovat alttiita epämiellyttäville tuoksuille., Reputex (TM) 20 aine ehkäisemällä bakteerien kasvun, joka perustuu aktiiviseen agenttiin PHMB. Se hallitsee tekstiilien tuoksua. Sen ominaisuuksia on todistettu laboratoriotesteillä ja keittiöpyyhkeiden sekä sukkien käyttäjäkokeilla.

McQueen (2010) on selvittänyt tutkimuksessa ”Determination of Antimicrobial Efficacy for Textile Products Against Odor-Causing Bacteria”, kuinka mikrobeilta suojaava tehokkuus määritetään tekstiilituotteissa hajua aiheuttavia bakteereita vastaan. Vastenmieliset hajut urheilupuvuissa johtuvat yleensä hien tai bakteerien aineenvaihdunnasta. Niitä hallitaan lisäämällä mikrobeilta suojaavia käsittelyjä tekstiileihin, kuituihin ja kankaisiin. Laadullista koemenetelmää, uten AATCC Test Method 100, on yleisesti käytetty antimikrobisten käsittelyiden arviointiin Gram-negatiivisia ja Gram-positiivisia räsituksia vastaan. Tyypillisesti nämä räsitukset edustavat organismeja, jotka liittyvät infektioihin, kuten *Staphylococcus aureus*, enemmän kuin hajua aiheuttaviin aerobisiin *Corynebakteereihin* tai basillilajeihin. Tutkimuksessa arvioidaan hajun avulla usean antimikrobisen käsittelyn tehokkuutta koeorganismeja vastaan, jotka on määritetty AATCC Test Method 100:lla. Ensisijaisena tarkoituksena on ollut vähentää tuoksun kasvua.

VTT on ollut hajunpoistotutkimuksissa mukana tutkimassa hajunpoistokemikaaleja, mutta dokumentteja ei ole julkisesti saatavilla. VTT on tutkinut esimerkiksi 9-D-9-kemikaalia, jota käytetään vain sumukseen ja lisäaineena pesuaineissa sekä savunhajuun. VTT on tutkinut myös Double-O kemikaalia, jota käytetään palaneen tai pilaantuneen ruuan hajuun. Lisäksi VTT on tutkinut Last Resort kemikaalia. Sitä käytetään vain sumutukseen ja lisäaineeksi pesuaineisiin silloin kun muut aineet eivät riitä sekä kalmanhajuun yhdessä Liqui-Zone hapettimen kanssa. Hajujen kemiallinen muokkaaminen on englanniksi Odor counteractant. Hajumolekyylin muokkaaminen toiseksi molekyyliksi tarkoittaa käytännössä sitä, että siitä tulee tuoksuton tai se tuoksuu käsittelyn jälkeen erilaiselta kuin ennen. Pyrkimyksenä on se, että hajua aiheuttava molekyyli muutetaan fyysisesti sellaiseksi, jota hajuaistimme reseptorit eivät aisti. Silloin molekyylin hajuominaisuudet ovat muuttuneet pysyvästi. Reseptorithan reagoivat molekyylin fyy-

siseen muotoon ja lähettävät siitä viestin aivoillemme. Jos muokkausprosessi on onnistunut, lopputulos on hajuton. Kemikaalit ovat suunniteltuja muuttamaan vahinkoalueen ja sen ympäristön miellyttäväksi työskennellä nopeasti. Sen vuoksi niihin on lisätty yleensä myös hajusteita, jotka vaikuttavat positiivisesti työskentelymukavuuteen ja ympäristön tiloihin. Tämä tuoksu poistuu lopulta tuuletuksen avulla ja tilasta häviävät kemikaalien tuoksut. (Oy Lifa Air Ltd., 2014.)

On olemassa tiettyjä luonnonlakeja, joiden mukaan hajunmuokkauskemikaalit valmistetaan. Hajua muokkaavan kemikaalin pitää olla ”sukulainen” hajunaiheuttajalle, jotta lopputulos olisi hyvä. Esimerkiksi mintun tuoksuiset muokkauskemikaalit ovat parhaita poistamaan homeen hajua. Jos homeen hajua yritetään poistaa kirsikan tuoksuisella muokkauskemikaalilla, lopputulos ei ole hyvä koska kirsikantuoksu ja homeen haju eivät ole ”sukulaisia”. Hajumolekyyliä muokkaamalla tapahtuva muutos on pysyvä muuttuneessa hajumolekyyliässä. Uudet, ilmaan vapautuvat hajumolekyylit aiheuttavat uusia hajuja. Niitä voidaan kuitenkin kontrolloida vapauttamalla ilmaan pieniä määriä hajuja muokkaavia höyryjä, joita ovat esimerkiksi hajunpoistorakeet ja –tyyny. (Oy Lifa Air Ltd., 2014.)

3 TEKSTIILIMATERIAALINEN OMINAISUUDET HAJUNMUODOSTUMISEN KANNALTA

Tässä tutkimuksessa mukana olevat armeijamateriaalit ovat pääosin luonnonkuituja eli puuvillaa ja villaa, mutta myös muovia. Tutkimuksen kannalta on ollut tärkeää tuoda esille puuvillan, villan ja joidenkin muovien ominaisuuksia, joilla voidaan selittää osaksi paha haju tekstiileissä.

Mikrobit menestyvät ja se huonontaa tekstiilimateriaaleja, kun lämpötilaolosuhteet, suhteellinen ilmankosteus, tekstiilimateriaalin ja hiiliravinteen lähteen kosteuspi-toisuus ovat optimaalisia. Monet bakteerit ja sienet omaavat kyvyn rikkoa tekstiilikuitu- ja erittämällä tiettyjä entsyymejä. Ne voivat muuttaa esimerkiksi selluloosan pienempiin molekyyleihin, kuten yksinkertaisiksi sokereiksi. Mikrobit käyttävät sokereita hiiliravinnonlähteenä. (Annis 2012, 263 p.) Bakteerit ja sienet pystyvät vahingoittamaan puuvillaa. Näiden kehittämien entsyymien vaikutuksesta puuvillan selluloosa hajoaa sokereiksi, joita esimerkiksi mikrobit voivat käyttää ravinnoksi. Etenkin ulkoilmakäytössä olevat puuvillatekstiilit, kuten teltat, markiisit ja suojapeitteet, joutuvat mikrobeille alttiiksi. Usein ulkoilmatekstiilien mikrobiologista tuhoutumista täydentää auringon UV-säteilyn ja ilman hapen yhteisvaikutus. Bakteerien ja homeiden kasvu on voimakasta etenkin kuumissa ja kosteissa olosuhteissa. Varsinkin tärkkiliisterillä liistattu puuvilla on herkkä bakteereille ja sienille, koska ne käyttävät helpommin ravinnokseen tärkkelystä kuin puhdasta selluloosaa. Puuvillakangas voidaan suojata erilaisilla antimikrobikäsittelyillä, joissa käytetään esimerkiksi kupariyhdisteitä. (Rissanen 2009, 160 s.)

Villa, kuten muukin keratiinivalkuainen, kestää hyvin mikrobien vaikutusta. Mekaanisesti ja kemiallisesti vahingoittumaton villa ei hajoa homeiden ja bakteerien kehittämien proteolyyttisten entsyymien vaikutuksesta. Jos viilakuidun pintakerros, cuticula, on vahingoittunut, pääsevät entsyymit vahingoittamaan kuitua paikallisesti vioittuneista kohdista. Entsymaattiset lohkeamisreaktiot tuhoavat enemmän villakuidun polypeptidiketjuja vasta sen jälkeen, kun villakeratiinin molekyyliväliset disulfidisidokset ovat katkenneet kemiallisten hapettumis- ja pelkistymisreaktioiden ollessa läsnä. Villan biologinen kestävyys on riippuvainen vahingoittumattomien disulfidisidosten määrästä. Eräänä villakuidun kemiallisen vaurioitumisen mittana pidetäänkin sen liukenemistaipumusta proteolyyttisten entsyymien läsnä ollessa. (Rissanen 2009, 160 s.)

Ilman kosteus vaikuttaa voimakkaasti monien tekstiilikuitujen ominaisuuksiin. Erityisesti luonnonkuidut ovat hydroskooppisia, eli ne kykenevät imemään vesihöyryä kosteasta ilmasta ja luovuttamaan vettä kuivaan ilmaan siten, että lopulta saavutetaan tasapaino. Tällaisten hydroskooppisten kuitujen sisältämä vesimäärä vaikuttaa voimakkaasti moniin niiden tärkeimpiin fysikaalisiin ominaisuuksiin. Tästä on seurauksena, että kaikkien tekstiilikuitujen kohdalla on otettava huomioon kosteussisältö niiden omi-

naisuuksia mitattaessa. Koska kuidut voivat imeä kosteutta merkittävän määrän itseensä, jopa 40 %, se vaikuttaa myös tekstiilimateriaalien massaan, joka on esitetty taulukossa 3.1.

Taulukko 3.1. Kosteuden aiheuttama kuitujen turpoaminen tekstiileissä (Salonen 2007, 129 s.).

Kuitu	poikittainen turpoaminen		Pitkittäinen turpoaminen (%)	tilavuuden kasvu (%)
	läpimitta (%)	pinta-ala (%)		
puuvilla	20 23 7	40 42 21		42 44
merseroitu puuvilla	17	46 24	0,1	
viskoosi	25 35 52	50 65 67 66 113 114	3,7 4,8	109 117 115 119 123 126 74 122 127
asetaatti	9 11 14 0,6	6 8	0,1 0,3	
villa	14,8 - 17	25 26		36 37 41
silkki	16,5 16,3 - 18,7	19	1,3 1,6	30 32
nylon	1,9 – 2,6	1,6 3,2	2,7 6,9	8,1 11,0

Kuitujen kosteuspitoisuus vaihtelee suhteellisen ilmankosteuden sekä lämpötilan funktiona ja vaikuttaa moniin kuituominaisuuksiin. Täten on ollut tärkeää sopia joku tietty lämpötila ja ilmankosteus, jossa kokeet suoritetaan tai joita vastaavina tulokset ilmoitetaan. Kosteusolosuhteiksi on Euroopan maissa yleisesti sovittu suhteellinen ilmankosteus 65 ± 2 % ja lämpötila 20 ± 2 % °C astetta. Lisäksi on sovittu, että tekstiilin tulee testausta varten saavuttaa koeolosuhteita vastaava kosteuspitoisuutensa kosteutta ottamalla eikä luovuttamalla. Siksi materiaalit on ensin esi-ilmastoitava kuivissa olosuhteissa. Tällöin tekstiilillä on koeolosuhteita vastaavaa kosteuspitoisuutta pienempi kosteuspitoisuus ja koeolosuhteisiin vietyinä sen kosteuspitoisuus kasvaa. Kosteustasapainon saavuttamiseen vaadittava aika riippuu siitä, kuinka tiukkaan tekstiili materiaali on pakattu. Löyhät rakenteet eivät vaadi pitkää aikaa, mutta esimerkiksi tiheät raskaat kudokset vaativat useita tunteja. (Salonen 2007, 129 s.)

3.1 Muovien ominaisuudet

PVC kuidut valmistetaan 100 %:sta polyvinyylikloridikopolymeereista. Ne sisältävät pienen osan polyvinyylikloridia, jota on muokattu kemiallisesti. Näitä kuituja on saatavissa eri muodoissa, joiden kontrolloitu kutistuvuus sopii erityissovelluksiin. Ne ovat valmistettu jatkuvakuitufilamenteista, jotka vakauttavat kuituja. (Cook, 723 p.)

Polyesteri ja nailon ovat ne pääkuidut, joita käytetään pinnoituksissa ja laminoinneissa niiden vahvuuden vuoksi. Niitä pinnoitetaan ja laminoidaan myös siksi, että ne ovat vastustuskykyisiä öljylle, mikro-organismeille ja monille muille kemikaaleille. Yleisesti polyesteri on vastustuskykyisempi valolle ja UV-säteilylle kuin nylon, kun taas nylon on vastustuskykyisempi hydrolyysille. Polyesterillä on parempi mitta-

pysyvyys ja vastustuskyky kutistumiselle, matalampi laajenemiskyky ja yleisesti matalammat valmistuskustannukset. Korkealujuusnylonia ja polyesterilankoja käytetään monissa pinnoitteissa lisävahvistuksena. Aramidikuituja käytetään sovelluksissa, jossa korkea UV-suoja on välttämätöntä, kuten markiisit, autojen katot ja avoautojen huput. Puuvilla oli ensimmäinen kangas, jota käytettiin tekstiilien pinnoittamiseen ja se on yhä käytössä. Sovelluksissa, joissa tarvitaan vahvuutta, puuvilla on korvattu polyesterillä. Sillä on huomattavasti korkeampi lujuussuhde ja painosuhde. Puuvilla on myös herkkä vesilahoamiselle ja mikrobien hyökkäyksille, mutta sillä on tietyt edut synteettisiin kuituihin verrattuna, kuten parempi polymeeriadheesio. Puuvillan karheampi pinta ja lyhyet kuidunpituudet antavat sille enemmän mahdollisuuksia polymeerin mekaaniselle ankkuroinnille. Sileämpi synteettinen jatkuvafilamenttikuitu vaatii enemmän asiantuntijuutta kuitupolymeeriadheesiossa, erityisesti PVC-pastan ja kumin pinnoittamisessa. Puuvillakankaat valmistetaan kehrätyistä langoista, joita ei yleisesti voi suoraan pinnoittaa. Pinnoitettuja ja kevyitä kankaita ovat esimerkiksi vedenkestävät materiaalit. Kuitujen päät voivat aiheuttaa esimerkiksi pistesyöpymiä. Ne voivat aiheuttaa kulumista ja vedenkestävyyden alenemaa. Joitakin jatkuvafilamenttikuituja, joilla on vääntynyt kudokset, voidaan suoraan pinnoittaa. Kuiturakennetta voidaan suoraan parantaa pinnoitusadheesiolla mekaanisiin tarkoituksiin. On olemassa nylonin ja polyesterin erikoismuunnoksia, kuten korkealujuus (HT, high tenacity) ja matala kutistuvuus (LS, low shrinkage). Niitä käytetään pinnoitussovelluksissa, kuten suojapeitteissä ja liukuhihnoissa. Lasikuituja käytetään PTFE:n pinnoituspohjana teollisuuskäytössä, kuten kalanterihihnoissa ja rakennusten rakenteissa. (Fung, 2002)

Sotilaat ovat pinnoitettujen kankaiden massakäyttäjiä. Niitä käytetään suojapuissa, johon kuuluu erityissuojavaatetus. Niitä ovat esimerkiksi peitteet ja väliaikaiset suojarakennelmat sekä pelastautumislaitteet kuten ilmatäytteiset veneet ja pelastusliivit. On myös erikoiskäyttökohteita, kuten naamiot ja vaatteet, jotka suojaavat kemialliselta sodankäynniltä. Lisäksi on uusia sovelluksia, kuten ilmatäytteiset lentokoneiden tutkanhäärintälaitteet. Monet sotilaiden käyttämät naamiointimateriaalit ovat pinnoitettua kangasta, sillä pinnoitus sallii täyteaineiden ja pigmenttien yhdistämisen antamaan absorbtio- ja heijastusominaisuuksia. (Fung 2002, p. 402)

Sotilaat ovat pinnoitettujen kankaiden massakäyttäjiä. Niitä käytetään suojapuissa, johon kuuluu erityissuojavaatetus. Niihin kuuluvat esimerkiksi peitteet, väliaikaiset suojarakennelmat, pelastautumislaitteet, kuten ilmatäytteiset veneet ja pelastusliivit. On myös erikoiskäyttökohteita, kuten naamiot ja vaatteet, jotka suojaavat kemialliselta sodankäynniltä. Lisäksi on uusia sovelluksia, kuten ilmatäytteiset lentokoneiden tutkanhäärintälaitteet. Monet sotilaiden käyttämät naamiointimateriaalit ovat pinnoitettua kangasta, sillä pinnoitus sallii täyteaineiden ja pigmenttien yhdistämisen antamaan absorbtio- ja heijastusominaisuuksia. (Fung 2002, p. 402)

3.2 Silika-geelin ominaisuudet

Tutkimuksen alussa yhdeksi tutkimuskysymykseksi asetettiin silika-geelipussien käytön mahdollisuus tekstiilivarastossa. on esittänyt, että silika (SiO_2) on amorfinen aine ja silika-geeli on piin ja hapen yhdiste. Silika-geelirake on geelimäinen ja erittäin imukykyinen piidioksidi, jota käytetään kosteudenpoistoon ja kuivausagenttina, katalysaattorin kuljettajana ja joskus katalysaattorina. (Fukuda et al. 1998; Tomsic 2000, 441 p.) Piidioksidin huokoinen rakenne antaa sille kyvyn absorboida suuria määriä vesihöyryä. Se on hyvä kuivausaine, kuivain tai kuivausagentti. (Headquarters US Army Material Command 1975, 159 p.) Kuvassa 3.2 on esitetty silika-geelirakeita sisältävä silika-geelipussi.



Kuva 3.2. Silika-geelirakeita sisältävä silika-geelipussi.

Kafui (1994, 946-953 pp.) on tehnyt tutkimuksen “Transient Heat and Moisture Transfer in Thin Silica Gel Beds”, missä selvitetään silika-geelin kosteuden ja lämmönkuljetusmekanismeja. On kehitetty numeerinen malli, joka jäljittelee lämmön ja kosteuden kuljetusta ohuissa mikrohuokoisissa piidioksidigeelityynyissä. Oletuksena on, että pinnan ja huokosten kosteusediffuusio ja lämmönjohtaminen vallitsevat kuljetusmekanismeja kuivatusaineessa. Ennusteita mallista on verrattu yksittäisen puhallustestin tuloksiin ja pakatun silika-geelin tuloksiin kirjallisuudesta. Mallia on käytetty sisäisten partikkelien diffuusion lämmön ja kosteudensiirron vastustamisen tarkasteluun.

Ahmad et al. (1987) ovat tutkineet “Moisture transport in silica gel packed beds—I. Theoretical study” tutkimuksessa kosteuden leviämismekanismeja piidioksidigeelihiukkasten sisällä. Tutkimuksessa havaitaan, että mikrohuokoisen piidioksidigeelin pintadiffuusio on vallitseva mekanismi kosteuden siirrossa. Mallia tutkitaan samanaikaisesti lämmön ja massan kuljetukseen pienessä ohuessa pakatussa pussissa, jossa on kuivausainehiukkasia. Se on selitys kosteuden leviämiselle sekä Knudsenin hiukkasiin että pinnalle levinneisiin hiukkasiin. Ennusteita on tehty ohuista piidioksidigeelihiukkasia sisältävistä pussien muutoksesta ilmaolosuhteissa, joissa on käytetty äärellisiä menetelmiä syntyvien osittaisdifferentiaaliyhtälöjen ratkaisemiseksi.

Silika-geelipusseja voi tiedustella Suomessa esimerkiksi Kw-Filter Oy:stä. Yritys on luokitellut silika-geelit käyttökohteiden ja käyttötarkoitusten perusteella. A-tyyppin silika-geeliä käytetään enimmäkseen kuivaussovelluksissa: kosteuden poistoon käsiteltävästä kaasuvirrasta sekä hapettumisen ehkäisyyn (metallit, sähkölaitteet), suojaamaan pakkauksia ja tuotteita kosteudelta. (Kw-Filter Oy, 2014.)

4 HAJUN MITTAAMINEN

Vallero (2008, 919 p.) on todennut, että esitetyn teorian mukaan aistinvarainen tekniikka, jota käytetään inhimillisen tietoisuuden arvioimiseen tuoksuista, kutsutaan hajututkimukseksi. Perustekniikkana on esittää hajusteet eri pitoisuuksina paneeliryhmälle, joka arvioi niiden vastauksia. Tämä tekniikka käsittää näytelaimennusmenetelmän, jossa puhtaan hajuttoman ilman virtaus yhdistetään hajusteeseen dynaamisella tai vakiovirtausehdolla. Tämän tyyppisten laitteiden ja normaalien käyttöolosuhteiden kanssa on mahdollista määrittää tunnistamiskynnys.

Hajuhaitan eräs määritelmä on, että sillä on inhottava tai lamauttava vaikutus, joka saadaan aikaan hajun välityksellä. Niitä ovat esimerkiksi myrkyt hyönteisiä tai mikro-organismeja vastaan, jotka vahingoittavat tekstiilejä. Sisään hengitetyn ilman on sisällettävä hajunmuodostuskomponentteja. Näiden aineksien pitoisuuksien täytyy olla riittävän korkeita suhteellisen hajukynnyksen ylittämistä varten. Miljoonat ja triljoonat molekyylit ovat välttämättömiä voimakastuoksuisille aineille. Korkeasta luvusta huolimatta nykyaikainen analyttinen kemia ei ole vielä onnistunut tekemään laitteita mitataksaan hajuja objektiivisesti. Ne täytyy arvioida aistinvaraisten testimenetelmien avulla. Siihen on olemassa kolme syytä:

1. Hajunmuodostuskomponentit ovat usein läsnä pitoisuuksissa, jotka ovat reilusti alle kynnyksen, jossa niitä voidaan osoittaa olevan. Nenä on uskomattoman herkkä tunnistin.
2. Monet hajut ovat yhdistelmiä yksittäisistä komponenteista.
3. On erittäin vaikeaa liittää havaittuun tuoksuun tietyt aineet. Eri teorialat kuvaavat hajujen vaikutusta hajukalvon alueeseen, jotka eroavat niiden näkemyksestä ja luonteesta. Näitä ovat adsorptio ja desorptio teoria, entsyymaattinen teoria, värähtelyteoria, stereokemikaalinen eli molekyylissä olevien atomien kolmiulotteeseen rakenteeseen liittyvä teoria sekä funktionaalisen ryhmän teoria. Rouette (2001, 2765 p.)

Funktionaaliset ryhmät kuten $-OH$, $-OR$, $-CHO$, $-COR$, $-COOR$, $-CN$ ja $-NO^2$ ovat aineen osia, jotka aiheuttavat miellyttävän hajun. Kun taas $-SH$, $-SR$, $-CHS$, $-CSR$, $-NC$, ja NH_2 aiheuttavat pahaa hajua. Eräs tärkeä näkemys on, että hajuerkkyttä voidaan harjoitella, mutta jokainen haistamiskerta asettaa hajukynnyksarvon edellistä korkeammalle. Hajututkimustesteissä täytyy ottaa huomioon se, että molekyylit ovat havaittavia vain hajun kannalta silloin, kun niillä on vähimmäishöyrönpaine ja ne sisältävät hajua aiheuttavan ainesosan. (Rouette 2001, 2761 p.)

4.1 Aistinvarainen hajun mittaaminen

Hajutestauksessa on otettava huomioon, että molekyylit ovat aistittavissa hajun kannalta vain kun niillä on vähimmäishöyrynpaine. Muiden aineiden, kuten kaasun on oltava vesi- ja rasvaliukoinen ja sen täytyy sisältää aineen osan, joka aiheuttaa hajua. Otanta täytyy sovittaa kyseisen sovelluksen mukaan, kuten esimerkiksi tekstiilijalostuslaitosta ympäröivään ilmaan, auton sisäosan tuoksuun, maton tuoksunkehitykseen kotona tai toimistossa. Paneelin toimesta haistamisen täytyy olla riippumatonta heidän henkisestä ja fyysisestä luonteenlaadusta. Tasot 1-6 arvioidaan ryhmän kuuden henkilön toimesta, jossa korkeimmat ja alimmat arvosanat kussakin tapauksessa poistetaan. Keskiarvo lasketaan jäljellä olevasta neljästä tasosta. Ne jaetaan seuraavasti:

- 1=hajuton
- 2=tuntuva haju, muttei ärsyttävä
- 3=siedettävä haju (raja-arvo)
- 4=ärsyttävä haju
- 5=hyvin ärsyttävä
- 6=sietämätön haju.

Löydetuille ääriarvoille tämä eliminointi sallii mahdollisen väliaikaisen huonovointisuuden haisteluryhmän jäsenille, joka otetaan huomioon. Yleensä arvoon 3 asti hajua siedetään hyvin. (Rouette 2001, 2761 p.)

4.2 Ei-aistinvarainen hajun mittaaminen

Tavallinen koemenetelmä tekstiilien mikrobeilta suojaavan tehokkuuden määrittämiseksi on AATCC 100. Määrällisen kokeen AATCC 100:n peruseriaate on esitetty seuraavana. Leikataan ensin suunnilleen halkaisijaltaan 4.9 cm:n näytteet, jonka jälkeen ne istutetaan yhteen koeorganismien kanssa. Tämän jälkeen leikkauksien annetaan absorboida 1 ml bakteerista nestettä. Tässä käytetään riittävästi leikkauksia, joiden sallitaan absorboida nestettä. Hydrofobisiin kankaisiin (kuten vedenpitäväksi viimeistellyt) on lisätty pinta-aktiivinen aine parantamaan kostumista. Jos yhtään nestettä jää astiaan, tulokset ovat virheellisiä. Tämän jälkeen tislattu vesi lisätään yhteen astiaan. Sitä sekoitetaan voimakkaasti yhden minuutin ajan. Nesteen näyte laitetaan sitten ravinnepitoiselle lautaselle. Tämä edustaa 'nolla aikaa'. Muita purkkeja käsitellään samalla tavalla. Sen jälkeen purkkeja haudotaan $37 \pm 2^\circ\text{C}$ astetta 24 tuntia. Muita aikavälejä voidaan käyttää antamaan tietoja bakteereilta suojaavasta toiminnasta. (McCarthy 2011, 210 p.)

4.3 Elektroninen nenä

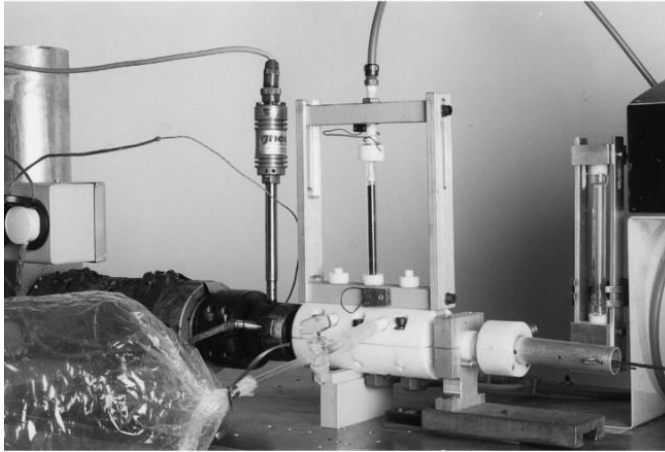
Elektroniset nenät koostuvat tyypillisesti joukosta kaasuherkkiä puolijohteita, jotka liittyvät asianmukaiseen hahmontunnistuksen järjestelmään. Elektronisilla nenillä on kyky havaita monimutkaisia tuoksua. Niillä voi olla lähes 40 anturia, joista jokainen on kalibroitu eri kemiallista tarkkuutta varten, joka yhdistettäessä antaa mittauskuviota.

Elektroninen nenä on riippuvainen hahmontunnistuksesta eikä siksi voi tunnistaa tunteettomia yhdistelmiä tai odottamattomia yhdisteitä. Kemiaallisten tunnistustaulukkojen tavalliset tyypit ovat metallioksidi anturit (tinaoksidinilmaisimet), kuljetuspolymeerit (polypyroli kalvot) ja pietsosähköiset anturit. Tinaoksidinilmaisimilla on monia nenäsovelluksia ja ne pystyvät havaitsemaan paljon haihtuvia orgaanisia yhdisteitä. Korkeisiin lämpötiloihin (300-400°C) tarvitaan tyypillisesti laitteita, jotka tulevat kalliiksi olla päällä. On olemassa riski, että haihtuva aine voi johtaa sensorin pinnan rikkoontumiseen. Kvartsinen resonaattori ja pinta-äänialtolaitteet koostuvat pietsosähköisestä kasvualustasta, joka on päällystetty tunnistuskalvolla. Johtavat polymeerit, jotka on johdettu aromaattisista ja heteroaromaattisista materiaaleista, mittaavat vastustusmuutoksia puolijohdekalvossa. (Bartels 2011, 567 p.)

4.4 Hajututkimus olfaktometrillä

Bledzski et al. (1999) ovat todenneet, että esitetyn teorian mukaan olfaktometri on laite, jolla mitataan hajun voimakkuutta. Se on tärkein menetelmä hajujen arviointiin. Se käyttää ihmisenä sensorina. Laitetta on viimeaikoina alettu käyttää muoviteollisuudessa. Hajututkimus käsittelee tuoksuvan kaasun valvottua esittämistä valikoidulle ja suojatulle inhimilliselle paneeliryhmälle ja niiden reaktioiden arviointia tuoksunäytteestä. Mittauksen eri menettelyt tiivistetään VDI-Richtlinien:ssä varmistamaan, että tulokset ovat toistettavia ja vertailukelpoisia. Tuoksukonsentraationmittausta voidaan suositella hajunmuodostumisen ja määrätyn tuoksun vähenemisen vaikutuksen arvioimiseen. Kaasumaisen hajustenäytteen tuoksukonsentraatio määritetään antamalla paneelille näyte, alenevissa laimennuksissa, neutraalin kaasun kanssa, kun määritellään 50 %:n tunnistamiskynnys.

Hajun mittaaminen olfaktometrillä tapahtuu siten, että ensimmäiseksi valmistellaan tutkittava näyte. Seuraavaksi varastoidaan näytekaasun otanta tyhjiöyksikön kanssa, jonka hajunmuodostus määritellään prosessoivissa laitteissa. Sitten varastoidaan hajua muodostavan tuotteen määrätty pinta-ala tyypeä sisältävässä pussissa, jotta hajut saadaan otettua talteen. Prosessin aikana otetaan hajut talteen puristimen muovisuuttimessa. Hajututkimuksenmittausta varten menetelmän kanssa jauhettu materiaali on puristettu laboratorionpursottimessa. Pursotinsuuttimen takana on polytetrafluorieteeni (PTFE) kammio, joka puhdistetaan typellä. Kuvassa 4.1 on esitetty laboratoriopuristin, valkoinen PTFE-kammio ja näytepussi.



4.1 Laboratoriopuristin valkoisen PTFE-kammion kanssa ja näytepussi.

Pursotettu materiaali vedetään kammion läpi kahdella telalla. Puristetun materiaalin päästöt puhdistetaan näytepussissa. Tämän jälkeen kaasulla täytetty pussi yhdistetään olfaktometriin. Neljä panelistia istuvat laitteen ympärillä ja haistelevat portteja. Kuvassa 4.2 on esitetty olfaktometri neljällä nuuskintaportilla, kannettavalla tietokoneella ja näytepussilla.



4.2. Olfaktometri neljällä nuuskintaportilla, kannettavalla tietokoneella ja näytepussilla.

Mittausten alussa on paneelille esitetty kaasunäyte hyvin korkeassa laimennuksessa neutraalikaasun kanssa. Jokainen panelisti arvioi jokaisen laimennuksen kohdalla 'kyllä haisee' tai 'ei haise'. Jos panelisti haistaa jotain, hänen on painettava olfaktometrin nappia. Kun kaikki panelistit ovat antaneet kaksi positiivista vastausta riville, ensimmäinen kierros on päättynyt. Kolmen vaaditun kierroksen jälkeen kannettava tietokone laskee hajukonsentraatiot näytekaasusta. Jotta tutkimustulokset olisivat luotettavia, on panelistien oltava yleisestä väestöstä ja heillä on oltava tiettyjä vaatimuksia. Heidän hajuerk-

kyytensä on täytettävä tietyt vaatimukset. Panelistit, joilla on alentunut hajuerkkyys, esimerkiksi flunssa, eliminoidaan mittauksista. (Bledzski et al. 1999, pp. 63-71)

4.5 Monianturijärjestelmä

Monianturijärjestelmä koostuu erityyppisistä kemikaalisensoreista, jossa jokainen anturi sisältää joukon yksittäisiä sensoreita. Tämä tekee muuntimien ja anturimateriaalien valinnan joustavaksi kun yleisenä päämääränä on koko järjestelmän suorituskyvyn optimointi. Vaihtoehtoisesti tämä tekee mahdolliseksi järjestelmän optimoinnin yksilöidylle hajujen ja aromien tunnistamiselle. Tämä havainnollistetaan erilaisilla muoveilla ja tekstiilimateriaaleilla, joita käytetään autoteollisuudessa ja erilaisissa ruokateollisuuden tuotteissa, kuten kahvi, tupakka, viski ja oliiviöljy tuotteissa. Modulaarisissa anturijärjestelmissä on käytetty erilaisia puolijohdekaasuantureita mittausjärjestelmissä (jotka perustuvat metalli oksideihin), jotka ovat polymeeripäällystettyjä kvartsisia mikroaaka sensoreita (QMB), kalorimetriantureita ja elektrokemiallisia antureita, joilla on vaihtoehtona lisätä metallioksidipuolijohde kanavatransistoriantureita (MOSFET). Nämä mittausjärjestelmät ovat järjestetty erillisistä komponenteista modulaarisessa anturijärjestelmässä (MOSES, Modular Sensor System). Eri tuoksunäytteiden laadullista erottelua varten lisätään kaasu-näyte ja hetkellisiä anturisignaaleja valvotaan. Erilaisten antureiden käyttöperiaatteiden on osoitettu olevan välttämätöntä tuoksujen ja aromien yksiselitteiselle tunnistamiselle. (Ulmer 1997, pp. 24-33)

5 HAJUNPOISTOMENETELMÄT

Tässä luvussa paneudutaan hajunpoistomenetelmistä vesipesuun, ionisointikäsittelyyn ja otsonointikäsittelyyn. On myös olemassa muita hajunpoistokäsittelyitä, kuten bioentymaattinen hajunpoistokäsittely. Tutkimukseten mukaan kemikaaleista on käytetty esimerkiksi syklodekstriiniä hajunpoistoon. Lisäksi on kaupallisia hajunpoistoaineita, kuten Odosorb. Termiä hajunpoisto käytetään kuvaamaan menettelyä, joka ehkäisee mikrobien kasvun aiheuttamia hajuja tukkimalla mikrobisen aineenvaihdunnan. Tyypillisesti hajut liitetään suoraan tekstiilien viimeistykseen kuten villanjalostuslaitoksien läheisyydessä rikkivedyn johdannaiset keratiinien vesikäsittelyssä tai värjäykseen. Ne voidaan liittää myös epäsuorasti, esimerkiksi uusien ajoneuvojen sisustuksen kiinnitysaineisiin tai huoneeseen haihtuvaan kokolattiamaton tuoksuun. Inhimillinen tietoisuus hajusta on erittäin subjektiivinen asia. (Rouette 2001, 2761 p.)

5.1 Tekstiilien vesipesu hajunpoistossa

On yleisesti hyväksytty, että likainen pyykki tarvitsee puhdistuakseen aikaa, sopivan lämpötilan sekä kemiallista ja mekaanista toimintaa. Vesi on tärkein kemikaali, jota pyykinpesussa käytetään. Veden tehtävänä on irrottaa likaa tekstiileistä ja mekaaninen toiminta tehostaa veden roolia lian irrottamisessa. Veden kyky liuottaa eri aineksia tekee siitä tehokkaan puhdistusagentin lialle. Useimmat ainekset ovat liukenevampia veteen kuin muihin liuottimiin. Pesuaineita ja ”kehittäjäaineita” on kehitetty puhdistustoiminnan tehostamiseen vedessä yhdessä mekaanisen toiminnan kanssa. Vesi sallii pesukoneen toiminnan jakamisen koko likakuormaan. Vesi toimii kostutusagenttina tunkeutuessaan likaan tai kuidun sisälle ja se poistaa likaa kankaasta. Vesi myös kuljettaa kemikaaleja pois tekstiilistä ja kuljettaa pois suspensiolikaa. Vettä käytetään suuria määriä pesuloissa. Kulutus pestävällä pykillä kiloa kohden vaihtelee vähemmän kuin 3,8 litrasta kevyttä likaa sisältävää pyykkiä ja enemmän kuin 15 litraa hyvin likasta pyykkiä yhtä kiloa kohden. (Riggs 1990, 215 p.)

Epäpuhtauksien ehkäisy riippuu siitä, minkä tyyppinen teollisuus käyttää vettä. Veden epäpuhtauksilla voi olla suuri vaikutus tekstiilien laatuun, jotka pestään pesulasissa. Veden epäpuhtauksien määrä ja laatu vaihtelevat suuresti. Jokainen pesula arvioi käsittelyjen tarpeen yksittäisten tarpeiden pohjalta. Seuraavia epäpuhtauksia on vähennettävä tai vältettävä pesuloissa: veden kovuus, kloori, rauta, emäksisyys, happamuus, hiilidioksidi, värit, orgaaninen kasvu, happi ja liete. (Riggs 1990, 215 p.)

Pesutapahtuman osatekijöitä ovat pesuaineliuos, tekstiilit ja lika. Pesun osatekijät ja reaktiotyypit huomioonottaen pesutapahtuma voidaan jakaa seuraaviin vaiheisiin:

1. Rajapintajännitys ja kostutus
2. Solubilisaatio
3. Sähkövaraus ja mekaaninen energia
4. Emulgoiminen ja dispergoiminen
5. Kemiaalliset reaktiot.

Tekstiilien ja lian kastuminen on lian irtoamisen edellytys. Jotta tämä voisi tapahtua nopeasti ja vähällä mekaanisella työllä, tulee pesuliuksella olla pieni pintajännitys. Sen ja suuren kostutuskyvyn omaava pesuliuos tunkeutuu pieniin väleihin, huokosiin ja rakoihin sekä tekstiilin ja lian väliin, jossa ilma syrjäytyy ja pinta kostuu täysin. Tämä ominaisuus on pesuliuksella tensidien ansiosta. Tensidit absorboituvat orientoidusti pesulioksen sekä tekstiilin ja lian pinnoille. Pesulioksen pintakerroksessa tensidin hydrofiilipää on liuokseen päin ja hydrofiilipää pinnasta ilmaan päin. (Jokelainen 1980, 72 s.)

Jokelainen (1980, 72 s.) on esittänyt, että öljy- ja rasvalika on filmimäisen ohue- na kalvona kuidun syvennyksissä ja sisässä, joka on koottava ensin pisaran muotoon, ennen kuin se saadaan mekaanisella työllä pois tekstiilistä. Tensidimisellit tunkeutuvat ensin kuidun syvennyksiin ja ottavat sisäänsä misellin hydrofobiseen osaan öljy- ja ras- va-aineita. Tällä tavoin pesuaineliuokseen voi mennä suuria määriä rasvoja ja muita veteen liukenemattomia aineita. Tätä ilmiötä kutsutaan solubilisaatioksi. Veteen liu- kenematon hienojakoinen hiukkaslika pysyttelee tekstiileissä sähköisten voimien avulla. Tämän likalaadun irrottaminen on mahdollista mekaanisella työllä ja sen kanssa saman- aikaisesti tapahtuvalla lian ja tekstiilin välisen sähköisen varauksen ja muiden absorbtio- ta ylläpitävien voimien kumoamisella. Kaikki tekstiilikuidut ovat negatiivisesti varautu- neita vesiliuoksen suhteen. Likahiukkasilla on myös vedessä negatiivinen varaus. Tämä johtuu siitä, että molemmat absorboivat vedessä hydroksidi (OH^-) - ioneja. Vesimole- kyyli-tylit ovat tiettyssä määrin dissosioituneet vety (H^+)- ja OH^- - ioneiksi. Samanmerkki- sesti sähköisesti varautuneet tekstiilikuidut ja lika hylkivät toisiaan ja sen seurauksena likahiukkaset pyrkivät irrottautumaan tekstiilikuidusta. (Jokelainen 1980, 72 s.).

Veden OH^- -ionit eivät riitä aikaansaamaan lian irtoamista, minkä vuoksi OH^- - ioneja tuodaan veteen pesuaineissa. Pesuaineiden sisältämät alkalisesti reagoivat suolat, sooda, fosfaatit ja silikaatit ovat niitä aineita, jotka lisäävät pesuliuokseen OH^- - ionikonsentraatiota. Kuitenkin vasta pesuaineen tensidit kykenevät ratkaisevasti vahvis- tamaan tekstiilikuidun ja lian negatiivista varausta. Pesuaineen tensidit ovat anionaktii- visia, joka tarkoittaa, että tensidimolekyylin negatiivisesti varautunut ioni absorboituu tekstiilikuidun ja lian ympärille. Tässä vaiheessa sekä tekstiilikuidulla, että lialla on niin voimakas negatiivinen sähkövaraus, että se aiheuttaa voimakkaan sähköstaattisen eroa- misen tekstiilikuidun ja lian välillä ja saa näin aikaan pesuvaikutuksen oleellisen tapah- tuman, lian lopullisen irtoamisen. Lisäksi tarvitaan mekaanista energiaa, jotta lika saa- daan pois kuitujen ja kankaan syvennyksistä. (Jokelainen 1980, 72 s.).

Jokelainen (1980, 72 s.) on todennut, että lian irtoamisen jälkeen likahiukkaset on saatava pysymään pesuliuksessa emulgoituneena tai suspentoituneena. Näiden tulee

olla niin pysyviä, ettei lika saostu takaisin tekstiiliin huuhtontavaiheessa, jolloin pesuainepitoisuus laskee. Likahiukkasten pysyvyyteen pesuliuoksessa vaikuttavat tensidien ominaisuudet. Ne asettuvat lian pinnalle siten, että sen hydrofobinen pää kiinnittyy likaan ja hydrofiilinen pää suuntautuu pesuliuokseen päin. Likahiukkanen saa siis ympärilleen tensidikerroksen, jossa ionin hydrofiilinen COO^- -pää ovat kääntyneet pesuliuokseen päin. COO^- -ryhmiä ympäröi niihin liittynyt vesimolekyylikerros ja tällaisen kerroksen ympäröimänä likahiukkanen pysyy hyvin pesuliuoksessa emulgoituneena tai suspentoituneena. Likahiukkasten sähköinen varaus estää niitä yhtymästä toisiinsa. Kemiallisessa reaktiossa pesuaineen alkalit hajottavat joitakin valkuaislikalaatuja vesiliukoiksi peptideiksi, jopa aminohapoiksi, tai muuttavat ne kolloidiseen muotoon. Tällöin niiden irrottamiseen tarvitaan vähemmän mekaanista energiaa. (Jokelainen 1980, 72 s.)

5.2 Pesuparametrit alihankintapesulassa

Pesulämpötila on noin $+50^\circ\text{C}$ astetta ja pesuaika on noin 60 minuuttia. Pesukoneita on 15 kpl, joiden maksimi täyttösuhde on 150 kg ja minimi 30 kg. Veden kulutus riippuu pesusta, mutta keskimäärin vedenkulutus on noin 3-5 litraa/kg, johon ei ole laskettu huuhteluita mukaan. Rummun pyörimisnopeus on 700-1000 rmp/min. Liuossuhde pesussa on keskimäärin 1:10 ja tavallisessa pesussa 1:3. Huuhtelu-aika on 10 minuuttia. Mekaanisen vedenpoiston eli linkouksen aika on 5-10 minuuttia. Pesukonetyyppi on yksikkökone. Veden kovuus riippuu pesusta ja vaihtelee, mutta keskimäärin pH on 5-6. Kuivaus tapahtuu rumpukuivauksena, jonka kesto on noin 30-60 minuuttia. Pesulalla ei ole ISO 14 000 standardia käytössä. (Luoma 2014b)

ISO 14 000-sarjan standardit tarjoavat työkaluja ja tekniikoita ympäristönäkökohtien hallintaan ja ympäristönsuojelun tason parantamiseen. Standardit kannustavat organisaatioita ottamaan aktiivisen roolin ympäristöasioissa. (SFS 2014.)

5.3 Otsonin ominaisuudet

Otsoni, O_3 , esiintyy luonnossa ilmakehän ylemmissä sfäreissa. Otsonikerros on erityisesti tärkeä, koska se absorboi UV-säteilyä ja toimii suojana sen säteilylle. UV-säteily aiheuttaa ihosyöpää tunkeutuessaan maan pinnalle. Kun otsonimolekyyli imee tätä energiaa, se jakautuu happimolekyyliksi ja happiatomiksi: $\text{O}_3 \rightarrow \text{O}_2 + \text{O}$. (Zumdahl 2002, 1047 p.+ Appendixes) Otsoni on yksi vahvimmista hapettimista ja desinfiointiaineista jota käytetään veden ja jäteveden käsittelyssä. Otsonia käytetään kansainvälisesti synteettisten orgaanisten yhdisteiden, värin, sameuden, orgaanisen hiilen ja kloorauskäsittelyihin. Lisäksi sitä käytetään pelkistetyin metallin hapetukseen sekä makua ja hajua aiheuttavien yhdisteiden poistamiseen. Desinfiointiaineena, sitä voidaan käyttää inaktivoimaan viruksia ja bakteereita kuten kolibakteereita *Escherichia Coli*, *Giardia lamblia* sekä *Cryptosporidium oocyst*. Otsoni voidaan luokitella bakteereja tappavaksi yhdisteeksi. Otsoni on hapen allotrooppinen muoto. Sitä tuotetaan kaupallisesti kui-

vaimasta tai hapesta ja muodostetaan sähköisellä koronapurkauksella tai fotokemiallisella reaktiolla. Se on väritöntä huoneen lämmössä ja kondensoituu tumman siniseksi nesteeksi. Otsoni kohdataan yleensä laimennetussa muodossa sekoituksena happeen tai ilmaan. Otsoni absorboi infrapunavaloa, näkyvää valoa ja UV-aallonpituuksia. Otsonin imeytymismaksimi on 253.7 nm, joka johtaa sen happiatomin ja molekyylihapen valokemialliseen hajaantumiseen. Lisäksi otsonia voidaan tuottaa molekyylihapesta UV-valon vaikutuksella 185nm:ssa. (Black & Veatch Corporation 2010, 1062 p.)

Otsonin kemiallinen vaikutus perustuu kolmiarvoisen hapen, O_3 , epästabiiliin luonteeseen. Kolmas happiatomi reagoi hiilen ja epäorgaanisten atomien kanssa helposti muodostaen oksideja. Otsoni lisää veden happipitoisuutta, hajottaa öljyjä ja rasvoja sekä estää lian takertumista pesussa. Lisäksi se pehmentää ja puhdistaa vettä sekä toimii kuten happivalkaisu. Se mahdollistaa alhaisemmat pesulämpötilat, irrottaa pesuaineisiin sitoutuneen lian sekä poistaa hajuja pesuliuksesta. (Mäntylä 2008, 58 s.) Otsonin yleisimpiä käyttökohteita ovat juomaveden puhdistus, uimahallien veden puhdistus ja jätevesien puhdistus. Lisäksi sitä käytetään ympäristöystävällisen selluloosan valkaisuun, kirurgisten instrumenttien desinfiointiin ja ongelmajätteiden käsittelyyn. Otsonia syntyy luonnossa esimerkiksi kipinästä tai salamaniskusta. Teollisesti otsoni valmistetaan jotta happea tai ilmaa sähköpurkauksentään. Sähkövarauksen purkautuessa happimolekyylistä muodostuu otsonimolekyyli. Puhdas otsoni on pistävän hajuista myrkyllistä kaasua. Sen myrkyllisyys johtuu siitä, että se syrjäyttää ilmassa olevan hapen. Otsonimolekyyli on erittäin pysymätön ja hajoaa helposti takaisin hapeksi. Tästä johtuen otsonia ei voida varastoida, joten se pitää valmistaa käyttökohteen välittömässä läheisyydessä. (Kaila, 2014.)

Otsonikaasua on mahdollista käyttää villan viimeistyskäsittelyyn ilman että käsittelystä tulee taloudellisesti merkittävä, koska otsoni voi reagoida kuitujen suoraketjuisten ja aromaattisten sidosten kanssa. Tästä syystä otsoni vahingoittaa vähemmän polyamidia kuin polyesteriä, koska otsoni pystyy hapettamaan ja tuhoamaan helposti polyesterin aromaattista rengasjärjestelmää. Aromaattista rengasta voidaan pitää kaksinkertaisena sidosjärjestelmänä. Kun di-polaarinen otsonimolekyyli käy sen kimppuun, muodostuu epoksidi nopeassa reaktioajassa. Hieman myöhemmin otsoni rikkoo epoksidin, jonka seurauksena korkeammassa lämpötilassa muodostuu glyoksaalihapon johdannainen. (Rouette 2001, pp. 40-42.)

Otsoni reagoi vähemmän suoraketjuisten C-H sidosten kanssa. Sen takia polyamidissa on vähemmän vahinkoja otsonin vaikutuksesta. Tyypiamidin viereinen ryhmä, CH_2 :n ryhmä on niin epävakaa, että sen kimppuun voidaan käydä. Otsonikäsittelyn vaikutuksesta polyamidin ja polyesterin väreistä tulee voimakkaammat, joka on selitettävissä diffuusioavallin poistamisella. Todellisessa kuiturakenteessa sidosmolekyylit liittyvät yhteen kiteisiä alueita. Tämän tyyppiset sidosmolekyylit ovat huomattavan jännityksen alla ja ne ovat kemiallisesti alttiimpia hyökkäykselle. Tämän takia hapettava hajoisprosessi poistaa näitä ketjuja ensimmäiseksi. Kun molekyyliketjut ovat murtuneet, ne vastustavat vähemmän väriainemolekyylien diffuusiota kuidun epätäydellisille alueille. (Rouette 2001, pp. 40-42).

SOL Pesulapalveluiden käyttämä otsonikaappi on suljetussa järjestelmässä toimiva laite kuten kemiallinen pesukonekin ja turvallinen käyttäjälleen. Kaappi tarvitsee toimiakseen sähkövirtaa. Käsiteltävä tuote laitetaan kaappiin, jossa kaappi muodostaa sähköön avulla hapestaa otsonimolekyylejä. Ne toimivat voimakkaana hapettimena ja poistavat tehokkaasti hajuja, bakteereita ja sieniä pysyvästi. Koska otsoni on kaasumuodossa, se tunkeutuu kaikkialle kuituun ja siten vaikuttaa kauttaaltaan. Käsittely sopii erinomaisesti tuotteille, joita ei voi pestä materiaalinsa tai haurautensa vuoksi. Esimerkiksi museotekstiilit tai urheilussa käytettävät suojukset ovat tällaisia. Otsoni ei kuitenkaan puhdistaa vaan se desinfioi ja raikastaa tuotteen. (Kaila, 2014)

5.4 Neutralointi

Neutralointi määritellään siten, että se on hapon ja emäksen yhteinen kylläisyys, kunnes tapahtuu neutraali reaktio, jolloin pH-arvo on 7 eli H⁺- ja OH⁻-ionien konsentraatio on tasapainossa. Tuloksena on neutraalisuola. Erityisesti H⁺- ja OH⁻-ionien yhdistelmä veden on esimerkiksi suolahappo + natriumhydroksidi = natriumkloridi + vesi $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{Na}^+ + \text{OH}^- = \text{Na}^+ + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$. (Rouette 2001, 2765p.).

Neutralointiaineiden tehtävinä on neutraloida pesuaineista peräisin oleva emäksisyys tai poistaa hapettavista valkaisuaineista peräisin olevat happi- tai kloorijäämät. Natriummetabisulfiitti on rikkipitoinen hapan suola, jolla poistetaan kloorivalkaisun jäämät pesun loppuvaiheessa. Se lisää ympäristöön joutuessaan luonnon rikkikuormitusta.

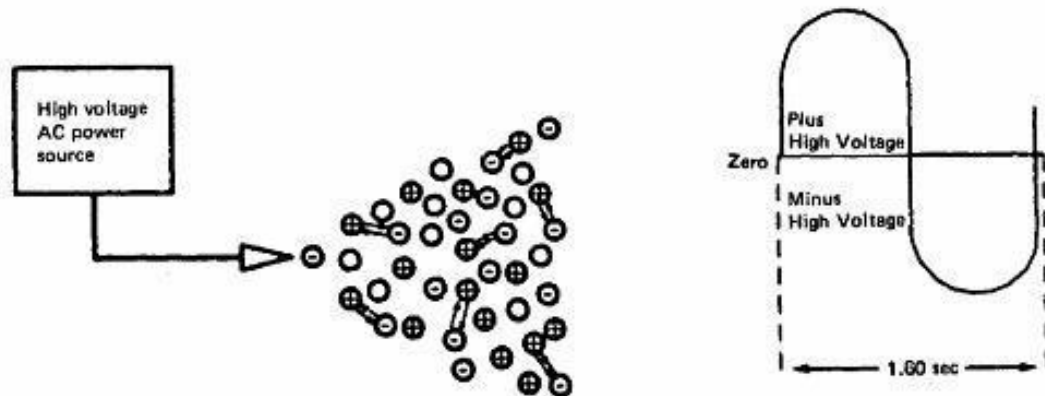
Etikkahappo on eräs yleisimmin käytössä oleva orgaaninen neutralointiaine. Sillä säädetään pesun loppu-pH neutraaliksi. Ympäristön kannalta etikkahappo on vaaraton, sillä se on täysin biohajoava. (Mäntylä 2008, 58 s.) Etikkahapon kemiallinen kaava on C₂H₄O₂ ja sen yleinen kaava on CH₃COO. Sitä käytetään yksinään värjäyksessä, kumissa, farmasia käytössä, ruuan säilönnässä, tekstiileissä ja pesulateollisuudessa. Lyhytaikainen altistuminen sille voi aiheuttaa ärsytystä, palovammoja ja pysyviä silmävaurioita. Sen hengittäminen voi aiheuttaa ärsytystä suussa, nenässä ja kurkussa, yskää ja tihentynyttä hengitystä. (Pohanish 2008, 144 p.) Etikkahappo on lyhytkestoisten rasvahappojen ryhmittymä, joita esiintyy ruoissa ja juomissa. Saattaa olla yksi makuyhdistelmistä tai aiheuttaa pilaantumisia, riippuen ruoasta tai juomatyyppistä ja yhdisteestä, jossa se on läsnä. Etikkahappo on etikan pääaineosa. Sitä voidaan käyttää ruokien säilytykseen tai mausteeseen. (International Food Information Service 2009, 471 p.)

5.5 Ionisointi

Ionisaattorit ovat laitteita, jotka ionisoivat ilmaa suurjännitteen avulla poistaen sähköistä varausta tekstiileistä. Suurjännitteellä toimivilla ionisaattoreilla on räjähdysriski. Räjähdyskestävillä ionisaattoreilla ei ole sitä haittaa, sillä ne eivät toimi suurjännitteellä. Ionisaatio tapahtuu maadoitettujen huippujen kautta jos lähtevän sähkökentän

varaus tekstiilistä on riittävän suuri. Ilmanvaihto voi estää räjähtävien sekoitusten kertymisen (Rouette 2001, 2765 p.)

AC- eli vaihtovirtaionisaatio tuottaa sekä positiivisia että negatiivisia ioneja soveltamalla suurjännite-vaihtovirta-aallonmuotoa elektrodien sarjaan. Positiivisen puolijakson aikana kehitetään positiiviset ionit ja negatiivisen puolijakson aikana kehitetään negatiiviset ionit. Vaihtovirta, kuten ydinkäyttöiset isotoopit, vaativat liikkuvaa ilmavirtaa toimittakseen ionit alueelle, jossa niitä tarvitaan. Tämäntyyppistä ionisukupolvea esiintyy tavallisesti puhaltimissa ja laminaarisissa virtaus-ristikoissa. Vaihtovirralla on etuna yksinkertaisuus, mutta säteilyjärjestelmät ovat tavallisesti suuria ja tilaa vieviä. Elektrodit voivat olla kapasitiivisesti kytkettynä, jotta ne eliminoivat sähköiskuvaaran. Se on tärkeää turvallisuuden kannalta, sillä vaihtovirta-virtalähteet voivat tuottaa suuren sähköiskun. Ionitasapainoa on vaikea muuttaa, mutta sitä voidaan tasapainottaa. Monilla vaihtovirtajärjestelmillä ei ole tapaa tasapainottaa niitä, jos ne ajalehtivat tasapainon ulkopuolella. Kuvassa 5.1 on esitetty vaihtovirtaionisaation toimintaperiaate, jossa näkyvät positiiviset ja negatiiviset ionit.



Kuva 5.1. Vaihtovirta ionisaatio (Tolliver 1988, 486 p.).

Positiiviset ja negatiiviset ionit vetävät toisiaan puoleensa. Molemmat polaarisuudet yhdessä luovat olemattoman avaruusvarauksen. Ionit eivät koskaan jätä purkautumispisteen läheisyyttä, ellei ilmavirta ole siirtänyt sitä. (Tolliver 1988, 486 p.).

5.6 Muovien hajun vähentäminen

On olemassa monia menetelmiä kontaminoidun ilman hajun vähentämiseen. Näitä menetelmiä ei voida siirtää helposti haistelutuotteisiin. Muovien tapauksessa ei kannata puhdistaa ilmaa haistelutuotteen ympärillä. Tuoksua täytyy vähentää itse materiaalissa, niin että hajunmuodostumista ei voi ilmetä. Nykyään menetelmät tuoksun vähentämiseen muoveissa ovat ei-tavanomaista teknologiaa, se ei ole haluttua tuotteiden käyttäjillä. Mutta kasvavan ympäristötietouden johdosta muovien hajun väheneminen tulee yhä tärkeämmäksi. (Bledzski et al. 1999.)

Joitain menetelmiä tiedetään olevan muovien hajun vähentämiseen. Käytettyjen akkujen polypropeenin (PP) uudelleenmuokkauksen erityiset lisäaineet prosessoidaan

PP:n kanssa peittämään hajunmuodostumista. Autosovelluksissa polyuretaanivaahdon prosessoinnin aikana polymeerin hajua voidaan vähentää lisäämällä isosyanaattia muuttamaan amiini-katalysaattoria. Etyleenipolymeerien tapauksessa hajunmuodostumista voidaan merkittävästi vähentää lisäämällä siihen epokseja käsittelyn aikana. Erityisen kiinnostavaa on tuoksun väheneminen kierrätetyissä polymeereissä hajunmuodostumisen kannalta, koska nämä materiaalit ovat kontaminoituneet haisevien aineiden kanssa. Hiljan käytetyt menetelmät ovat valmistusvaiheessa moninkertainen kaasunpoisto puristuksen aikana kierrätetyistä muoveista ja materiaalin erotus erikoisliuotteen avulla poistamaan kontaminaatioita pinnasta. Muita menetelmiä ovat sovellukset täytemateriaaleissa erityisten pintojen kanssa kiinnittämään tuoksuvia aineita. (Bledzski et al. 1999.)

Seuraavaksi on esitetty kolme esimerkkiä hajun vähentämiseen muoveissa ja niiden arvioinnin onnistumiseen. Ensimmäiseksi on tutkittu kuinka hajunmuodostus käytetyissä polyolefiineissa voi vähentyä moninkertaisessa kaasunpoistossa puristusprosessin aikana. Materiaali jauhetaan ja vesi puhdistetaan, jonka jälkeen se puristetaan kaksoisruuvipuristimessa tyhjiöyksikön kanssa. Moninkertainen kaasunpoisto lisätään puristamalla granulaatteja neljä kertaa. Toinen menetelmä on materiaalin puhdistus ja puristus liuottimella. Tässä tapauksessa kierrätetyt muovit, kuten pullot ja kalvot jauhetaan, puhdistetaan vedellä ja sitten käsitellään kahdessa vaiheessa liuottimella. Kuivatut lastut voidaan käyttää esimerkiksi pullojen ja kalvojen valmistuksessa. Kolmas menetelmä on kiinnitettävien agenttien lisäys puristusprosessissa kiinnittämään tuoksuvat aineet. Tämä menetelmä on ihanteellisesti erilainen, koska se ei poista tuoksua, se vain pitää sen materiaalin sisällä ja estää hajunmuodostumisen. Klassisia kiinnitysaineita ovat alumiinioksidi, zeoliitti ja aktivoitu hiili. Antrasiittia (hiiltynyt kivihiili) on myös käytetty matalan hinnan materiaaleihin vertailusyistä. (Bledzski et al. 1999.)

5.7 Muut hajunpoistomenetelmät

Hajunpoistomenetelmänä käytetty hajun muokkaaminen on tehokasta ja turvallista. Hajua muokataan nopeasti ja edullisesti muuttaen hajumolekyylien fyysistä muotoa niin, ettei hajukynnys ihmisellä tai joskus jopa eläimellä ylity. Hajukynnys on aistittavissa olevan hajun ja hajuttoman raja. Bioentsyymaattisessa hajunpoistossa vaikutetaan entsyymeillä orgaanisiin hajunaiheuttajiin. Se on tehokas tapa esimerkiksi orgaanisen rasvan aiheuttaman hajun poistoon. Hajuilla on aina vastakohtansa eli olemassa olevilla hajuilla on vastahaju, joka neutralisoi sitä. Asia on kuitenkin monimutkainen, sillä hajut ovat kompleksisia eli muodostuvat monista hajuista. (Eränen 2014a).

Eräs hajunpoistoaine on Odosorb, joka absorboi tuoksua kuidun sisästä kemiallisella reaktiolla kuljettaen sen pois pysyvästi. Odosorb on kehitetty erityisesti hajuja vastaan, jonka toiminta perustuu rikin ja typen osiin. Ne ovat syy tavallisimpiin tuoksuihin, kuten hiki, tupakansavu tai ruoanhajut. Pahat ja epämiellyttävät hajut voivat johtaa laajasta valikoimasta bakteerihajoamisprosesseja monissa erilaisissa tahroissa, mutta ne voivat myös olla seuraus onnettomuuksista kuten talopaloista tai tulvimisesta. Seitz GmbH.)

6 TUTKIMUSMATERIAALIT JA –MENETELMÄT

Tutkimusmateriaalit valittiin yrityksen kanssa yhteistyössä seitsemästä eri armeijatekstiilistä. (Lukkala, 2014b.) Niistä leikattiin yhteensä 84 kpl kooltaan 4x10 cm kokoisia näytekappaleita hajunpoistokäsittelyitä varten. Kuvassa 6.1 ovat tutkimusmateriaalit, joista näytekappaleet leikattiin: armeijan harmaat villasarkahousut, vaaleansininen puuvillainen Ruotsin armeijan takki, musta puuvillainen olkalaukku turkoosinsinisellä puuvillavuorella, tummanvihreä armeijan puuvillainen varustesäkki. Lisäksi on muovipinnoitettu kuviollinen olkalaukku, jossa on vihreä PVC-muovivuori. Se on aiemmin ollut armeijan telttakankaana.



Kuva 6.1. Tutkimusmateriaalit hajunpoistokäsittelyitä varten.

Näytepaloista on esimerkki kuvassa 6.2, jossa näytteet on numeroitu hajunpoistokäsittelyitä varten.



Kuva 6.2. Näytepalat on numeroitu hajunpoistokäsittelyitä varten.

Tutkittavat näytteet on taulukoitu taulukkoon 6.1, jotka on nimetty hajunpoistotutkimuksia varten seuraavasti: harmaa villakangas, vaaleansininen puuvillakangas, musta

puuvillakangas, turkoosinsininen puuvillakangas, puuvillasäkkikangas, kuviollinen muovipinnoitettu kangas ja vihreä PVC-muovikangas.

Taulukko 6.1. Näytteet on nimetty hajunpoistokäsittelyitä varten.

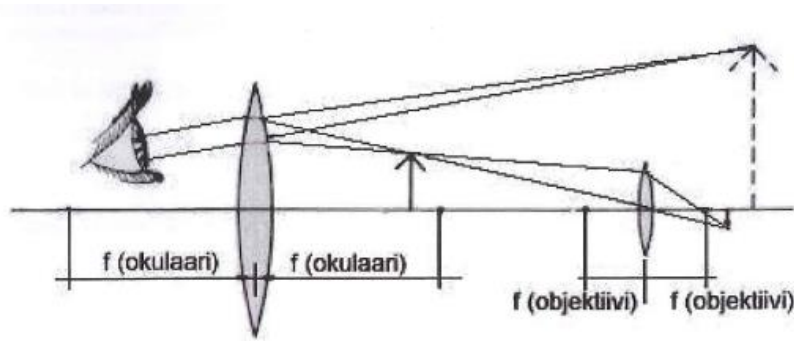
Nro1	Nro 2	Nro 3	Nro 4	Nro 5	Nro 6	Nro 7
Harmaa villa-kangas	Vaalean-sininen puuvilla-kangas	Musta puuvillakangas	Turkoosinsininen puuvilla-kangas	Tumman-vihreä puuvillainen säkkikangas	Kuviollinen muovipinnoitettu kangas	Vihreä PVC-kangas

Näytteitä oli yhteensä 84 kpl, koska hajunpoistokäsittelyitä oli kaikkiaan 12 kpl.

6.1 Näytepalat mikroskoopissa

Kuitujen kvalitatiivinen tunnistaminen perustuu niiden optisten, fysikaalisten ja kemiallisten ominaisuuksien eroihin. Käytännössä aluksi mikroskooppisella menetelmällä voidaan tehdä joitakin havaintoja. Sitä ennen on jo voitu selvittää polttokokeella esimerkiksi sulaako kuitu vai palaako se ja millainen haju on palaessa. Kemiallisesti liottamalla tiettyjen kaavioiden avulla systemaattisesti edeten saadaan lopulta selville mitä kuitula-jeja näyte sisältää. (Salonen 2007, 129 s.)

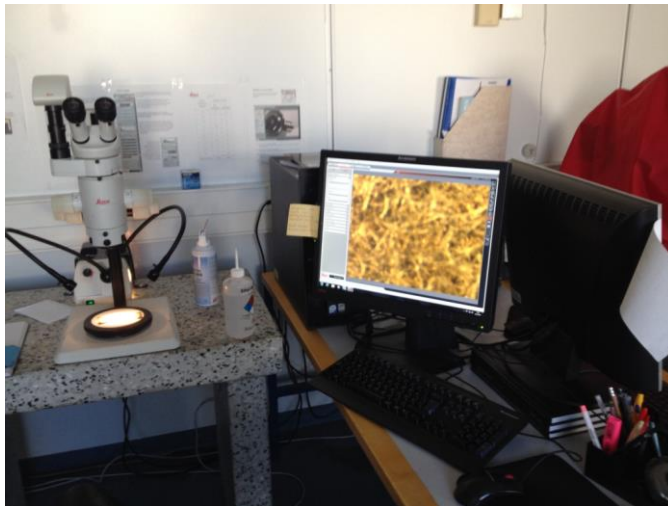
Silmän erotuskyky on noin 0,2 mm eli 200 µm 25 cm:n etäisyydeltä. Erotuskykyyn vaikuttaa ratkaisevasti myös tarkasteltavan kohteen kontrastit. Toisaalta näytettä voidaan erilaisin apukeinoin suurentaa ja siten lisätä erotuskykyä. Vaikka suurentavaa apuneuvoa käytetäänkin, kontrastia ei voida jättää huomiotta. Jos katsotaan vihreätä pientä palloa nurmikolla parinsadan metrin päästä, sitä ei voida paljaalla silmällä nähdä. Jos pallo tuodaan kahdenkymmenen metrin päähän, sen näkeminen edelleenkin on kyseenalaista. Jos pallon väri kuitenkin selvästi poikkeaa taustastaan, se näkyy selvästi. Suurennos vaatii siis hyvän kontrastin, jotta erotuskyky on riittävä. Mikroskoopin kolme keskeistä tekijää ovat suurennus, erotuskyky ja kontrasti. Optista mikroskooppia käytetään tekstiilitutkimuksessa esimerkiksi kvalitatiiviseen kuituanalyysiin, lanka-analyysiin, kangas- ja neulosanalyysiin, rakennetutkimuksiin, pintarakenteen tutkimiseen sekä poikkileikkausrakenteen tutkimuksiin. (Salonen 2007, 129 s.) Mikroskoopissa on kaksi kuperaa linssiä. Lähinnä esinettä oleva linssi, objektiivinen, muodostaa esineestä todellisen suurennetun kuvan. Tämä kuva lankeaa toisen linssin, okulaarin polttovälille. Kuvassa 6.3 on esitetty mikroskoopin toimintaperiaate.



Kuva 6.3 Mikroskoopin periaate (Salonen 2007, s. 129).

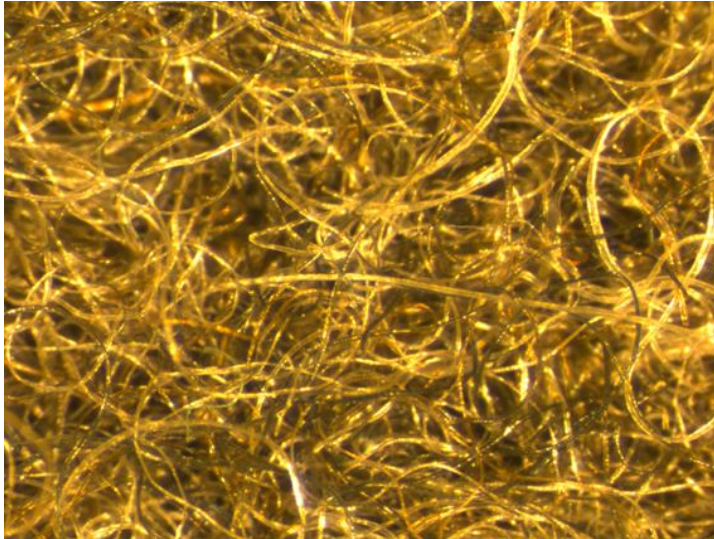
Tätä todellista suurempaa kuvaa tarkastellaan okulaarin läpi, jolloin silmä näkee siitä yhä edelleen suurennetun valekuvan. Mikroskoopin suurennus on objektiivin suurennoksen ja okulaarin suurennoksen tulo. (Salonen 2007, 129 s.)

Kangasnäytepaloja tutkittiin Tampereen teknillisellä yliopistolla Leica-mikroskoopilla ennen pesukäsittelyitä sekä niiden jälkeen, joka on esitetty kuvassa 6.4. Tässä luvussa esitetyt kuvat on otettu ennen pesutestejä. Näytepalat asetettiin mikroskooppiin ja niistä otettiin kuvat, jotka ovat 25-kertaisia suurennoksia.



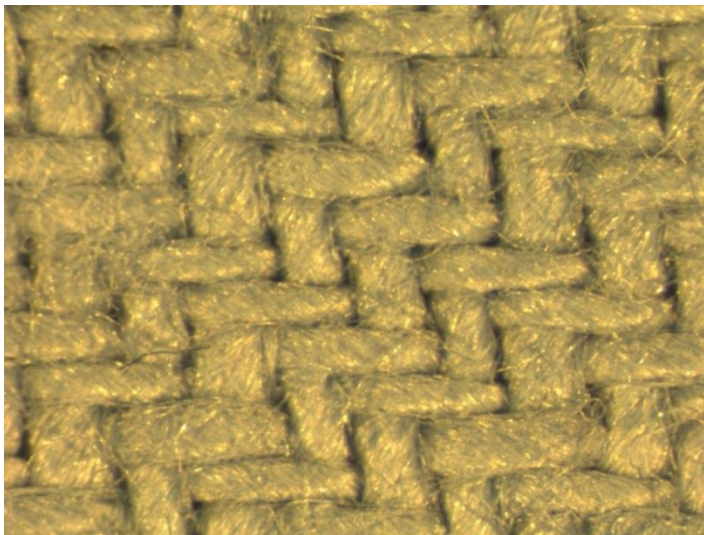
Kuva 6.4 Leica-mikroskooppi Tampereen teknillisellä yliopistolla.

Harmaasta villakangasnäytteestä erottuu selvästi villan kuidut, joka on esitetty kuvassa 6.5. Villa on luonnostaan suomuista ja karkeaa. Kuidut ovat satunnaisessa järjestyksessä, jolloin lanka vie tilaa pörröisellä pinnallaan. (Cook, 1993, 208 p.)



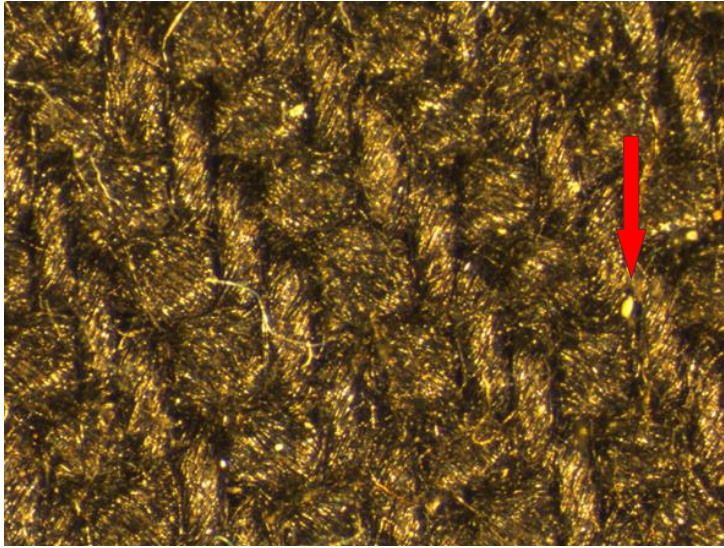
Kuva 6.5. Mikroskooppikuvassa on harmaa villakangasnäyte, josta erottuu villan pöröinen pintarakenne.

Vaaleansinisestä puuvillanäytteestä, erottuu selvästi kude ja loimet, joka on esitetty kuvassa 6.6. Puuvillan pintarakenne on kierteistä ja sen kiilto on vähäinen, koska pinnan ja poikkileikkauksen epätasaisuus vähentävät kuidun kiiltoa. Toimikassidoksen vinot muutossuunnat muodostavat kuvion. (Riggs 1990, 215 p.)



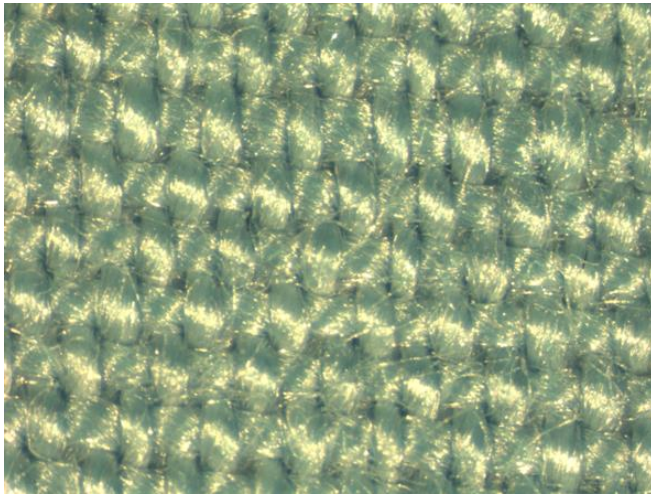
Kuva 6.6. Mikroskooppikuvassa on vaaleansininen puuvillakangas, josta erottuu puuvillan kude ja loimirakenne sekä toimikassidos.

Mustan puuvillakangasnäytteen toimikassidoksen kuvio näkyy vinoina suuntamuutoksina kuvassa 6.7. Näytepalasta erottuu epäpuhtauksia eli valkoisia rakeita kuitujen välissä, joiden alkuperästä ei ole varmuutta. Tarkemmat analyysit vaatisivat mikrobiologia tutkimuksia.



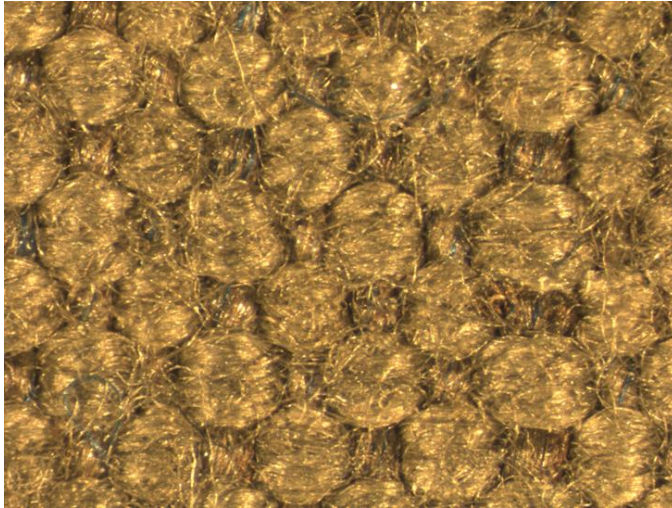
Kuva 6.7. Mikroskooppikuvassa on musta puuvillakangas, josta erottuu toimikassidos ja valkoisia rakeita.

Kuvassa 6.8 turkoosinsinisestä puuvillakankaasta erottuvat selvästi palttinasidos, joka näkyy tasaisena kuviona kuteen ja loimen vuorotteluna. Puuvillan sileä pinta ja kuidun kierteinen ulkopinta erottuvat kuvassa. (Riggs 1990, 215 p.)



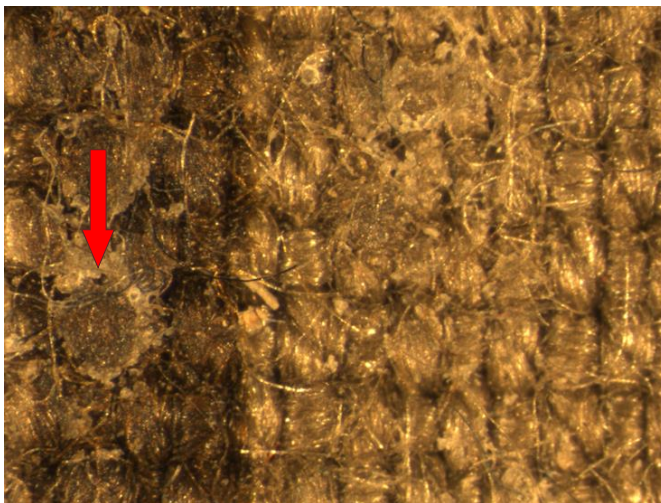
Kuva 6.9. Mikroskooppikuvassa on turkoosinsininen puuvillakangas, josta erottuu selvästi palttinasidos ja kuteen sekä loimen vuorottelu.

Kuvassa 6.10. on esitetty tiukkakutoinen tummanvihreä armeijan puuvillasäkkikangas, josta erottuu satiinisidoksen loimilanka, joka on jättölenkkinä täytelankojen päällä. Pientä kiiltoa kankaaseen tuo tumman loimilangan vihreän kuteen välissä. (Riggs 1990, 215 p.)



Kuva 6.10. Mikroskooppikuvassa on vihreä puuvillasäkkikangas, josta erottuu satiinisidoksen loimilanka, joka on jättölenkinä täytelankojen päällä.

Kuvassa 6.11 on muovipinnoitettu kuviollinen kangas, josta erottuu selvästi kuteiden ja loimien päällä likaa vasemmassa reunassa.



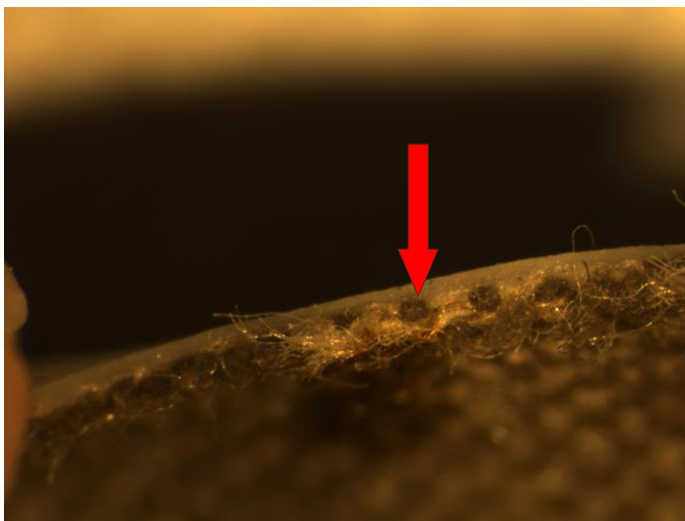
Kuva 6.11. Mikroskooppikuvassa on kuviollinen muovipinnoitettu kangas, josta erottuu likaa kuteiden ja loimien päällä kuvan vasemmassa reunassa.

Kuvassa 6.12 on esitetty muovipinnoitetun kankaan nurja puoli, josta erottuu mustia pisteitä. Ne aiheutuvat kankaan loimien väristä kankaan ytimessä.



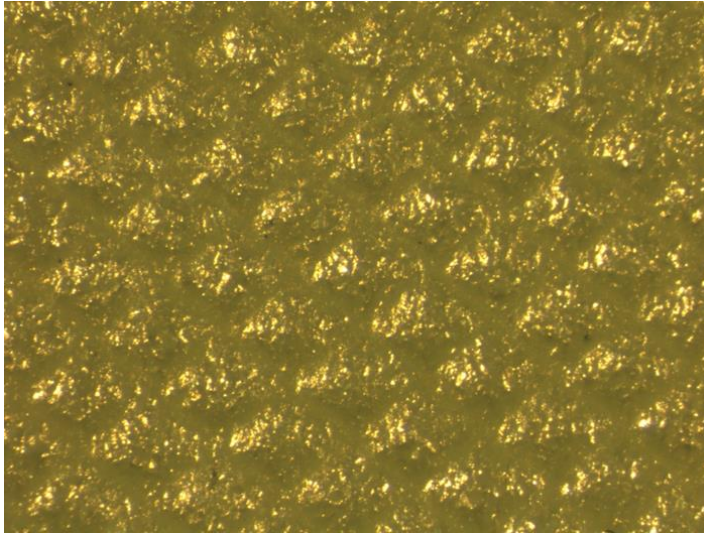
Kuva 6.12. Mikroskooppikuvassa on muovipinnoitettu kangas kuvattuna nurjalta puolelta, josta erottuu mustia pisteitä.

Näytteen nro 6 reuna on kuvattuna mikroskoopilla, josta erottuvat muovipinnoitettu pohja ja mustat loimilangat. Kuva 6.13.



Kuva 6.13. Mikroskooppikuvassa on muovipinnoitetun kuviollisen kankaan reuna, josta erottuvat mustat loimilangat..

Kuvassa 6.14 on esitetty vihreä PVC-muovikangas, jonka pinta näkyy mikroskoopissa aaltoilevana ja kiiltävänä.



Kuva 6.14. Mikroskooppikuvassa on vihreä PVC-muovikangas, jonka pinta näkyy mikroskoopissa aaltoilevana ja kiiltävänä.

Yhteenvetona voi sanoa, että mikroskooppitutkimuksella pystyi hyvin näkemään kuiturakenteen ja mahdollisen lian, mutta kuvien perusteella ei pystynyt tekemään tarkempaa analyysia siitä, mitä kuvissa näkyvät epäpuhtaudet olivat. Siihen tarkoitukseen tarvitaan mikrobiologinen tutkimus, jota pystytään tekemään ainakin Helsingin yliopistolla.

6.2 Tutkimusmenetelmät

Pesutestit suoritettiin standardin SFS-EN ISO 105-C06 mukaisesti Tampereen teknillisen yliopiston kemianlaboratoriossa. Se sisältää tekstiilit ja värinkeston sekä osa C06 värien pesunkeston koti- ja pesulapesussa. Pesutestiä varten laadittiin tutkimussuunnitelma, jonka mukaan pesutestit toteutettiin. Kuvassa 6.15 on esitetty testeissä käytetyt pesuaineet, joita olivat nestemäinen Kiilto Antibact ja Serto Green. Lisäksi käytettiin 5 paino-%:sta etikkahappoa pesuaineena tekstiilien neutraloivan vaikutuksen takia. Kiilto Antibact ei ole pääsääntöisesti tarkoitettu pyykinpesuun, mutta sitä käytetään toisinaan pyykin desinfioinnissa. Serto Green on suunniteltu erityisesti siivoustekstiilien pesuun, mutta se on tehokas kaikenlaisten tekstiilien pesuun. Koska se on mieto emäs ja sisältää hyvin vähän saostuvia ainesosia, se sopii myös huokoisille tekstiileille, jotka normaalit pyykinpesuaineet voivat tukkia. (Peltonen, 2014a.)



Kuva 6.15. Kiilto Clean Oy:n nestemäinen Kiilto Antibact ja Serto Green pesuaineet.

Kiilto Antibact on desinfioiva nestemäinen kvattipitoinen tehopuhdistaja eli se sisältää kvarternäärisiä ammoniumyhdisteitä. Etuina on, että se on hajusteeton ja väriaineeton, joka on turvallinen pinnoille ja käyttäjille. Runsas määrä pesuaktiiviaineita antaa hyvän puhdistustehon ja se on ympäristömyötäinen. Käyttökohteita ovat pintojen puhdistus ja desinfiointi esimerkiksi suurkeittiöissä, sairaaloissa, liikuntatiloissa ja elintarviketeollisuudessa. Kiilto Antibact on emäksinen eli käyttöliuoksen pH 10, joten se ei sovellu kaikista herkimmille tekstiileille. (Kiilto Clean Oy 2014a.)

Serto Green, joka tehokas, ympäristömyötäinen ja hajusteeton pesuainetiiviste mikrokuiduille ja kirjopyykille. Sen etuina ovat värisuoja, joka pitää tekstiilien värit kirkkaina, tuote on hyvin huuhtoutuva, eikä se sisällä väriaineita, kirkasteita, hajustetta, säilöntäainetta, zeoliittia eikä valkaisuaineita. Lisäksi tuote on Joutsenmerkitty ja se on riittoisa. Serto Green on mieto emäs, joka on erityisesti suunniteltu siivoustekstiilien pesuun, mutta erittäin tehokas kaikenlaisen tekstiilien pesuun. Se on lisäksi mieto emäs ja sisältää hyvin vähän saostuvia ainesosia, joten se soveltuu myös huokoisille tekstiileille, jotka tavalliset pesuaineet voivat tukkia. (Kiilto Clean Oy 2014b.)

Joutsenmerkki on Pohjoismaiden yhteinen ympäristömerkki, joka perustettiin vuonna 1989, joka on esitetty kuvassa 6.16. Merkin tavoitteena on edistää kestävästä kehitystä. merkin avulla kuluttajia ja muita ostajia ohjataan valitsemaan ympäristön kannalta viisaasti.



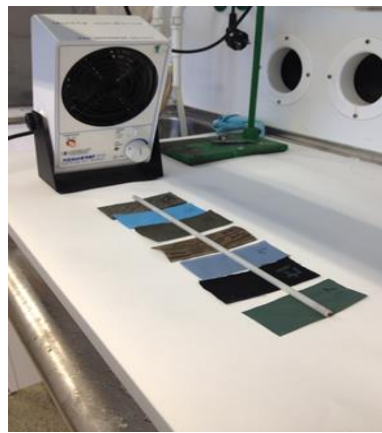
Kuva 6.16. Joutsen-merkki (Joutsenmerkki 2014).

Joutsenmerkin avulla myös kannustetaan valmistajia ja palveluntarjoajia tarjoamaan ympäristön kannalta parempia vaihtoehtoja. Joutsenmerkki kertoo tuotteen olevan ympäristön kannalta parhaiden joukossa. (Joutsenmerkki 2014.)

Kuvassa 6.17 on esitetty tutkimuksessa käytettyä Linitest-laitetta, jolla voidaan pestä laboratorio-olosuhteissa kangasnäytteitä standardien mukaisesti. Kuvassa 6.18 on esitetty ionisointilaitte, jolla kangasnäytteitä ionisoitiin kemianlaboratoriossa. Laite on helposti liikuteltavissa ja laitteesta pystyy säätämään tuulettimen voimakkuutta manuaalisesti. Ionisaattorilaitteen virta kytkettiin päälle vetokaappiin 24 tunniksi. Laite puhalsi ilmaa näytekappaleisiin muuttaen tekstiilin ionivaroja liikkuvan ilman avulla. Ionisointikäsitellyn näytteet merkittiin numeroilla A15-A21.



Kuva 6.17. Linitest-laite laboratoriossa.



Kuva 6.18. Ionisointilaitte ionisoi näytekappaleita vetokaapissa

Linitest-laitteeseen laitetaan teräsastioita (10 kpl), jotka näkyvät kuvassa 6.19. Kuvassa 6.20 on esitetty teräsastiaan laitettavat teräskuulat, joita käytettiin 10 kpl yhtä näytekappaleita kohti täydentämään pesun mekaanista toimintaa.



Kuvat 6.19 Linitest-laitteen teräsastiat.



*Kuva 6.20. Linitest-laitteen teräsastias-
sa mekaanista toimintaa täydentä-
vät teräskuulat.*

Villakangasnäytteeseen ei laitettu teräskuulia, koska niitä ei käytetä pestäessä arkoja materiaaleja, kuten villaa tai silkkiä. Ne eivät kestä mekaanista rasitusta.

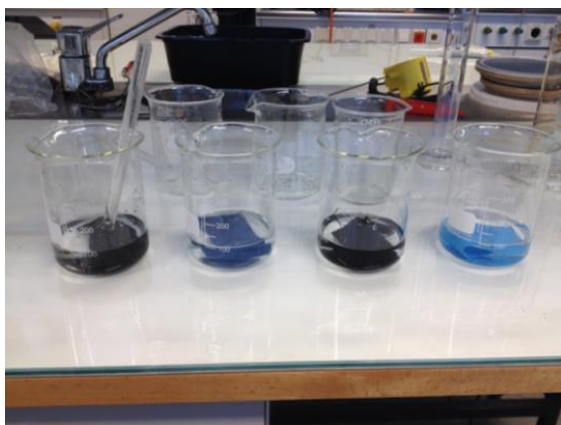
6.3 Pesun A tutkimusmenetelmät

Taulukossa 6.2 on esitetty pesun A pesuparametrit. Taulukkoon on tiivistetty kangasnäytteen numero, pesuaine ja sen annostelu, käyttöliuoksen pH, pesuaika ja käsittelyaika, pesulämpötila, teräskuulien lukumäärä näytettä kohti, huuhteluaika sekä huuhteluveden lämpötila. Pesuaineina käytettiin Kiilto Antibact ja Serto Green pesuaineita sekä 5 paino-%:sta etikkahappoa. Pesulämpötila oli $+40^{\circ}\text{C}$ ja pesuaika 30 minuuttia. Liuosta valmistettiin yhtä pesuainetta kohden 1100 ml tislattuun veteen, josta 1050 ml jaettiin näytekohtaisesti eli 150 ml teräsastiaa kohden. Jäljelle jääneestä 50 ml:sta mitattiin liuoksen pH-arvo. Kiilto Antibact liuoksessa pesuainemäärä oli 5,5 ml, Serto Green pesuaineliuoksessa 4,4 ml ja 5 %:ssa etikkahappoliuoksessa 100 ml. Teräskuulia käytettiin 10 kpl näytettä kohden, paitsi villakangasnäytteille A1, A8 ja A22. Lopuksi pesujen jälkeen jokainen näytepala huuhdeltiin 2 kertaa yhden minuutin ajan $+40^{\circ}\text{C}$ asteisessa vedessä. Huuhtelujen jälkeen näytepalojen annettiin kuivua huoneenlämmössä noin vuorokauden ajan.

Taulukko 6.2. Pesu A:n pesuparametrit.

PESU A				
Näytteen nro	A1-A7	A8-A14	A15-A21	A22-A28
Pesuaine (tai käsitte-ly)	Kiilto Anti-bact	Serto Green	Ionisointi	Etikkahappo 5 %
Pesuaineen määrä/1100 ml	5,5 ml	4,4 ml		100 ml
Liuosmäärä/näyte	150 ml	150 ml		150 ml
Liuoksen pH	9,33	6,72		2,46
Pesuaika/käsittelyaika	30 min	30 min	24h	30 min
Pesulämpötila	+40°C	+40°C		+40°C
Teräskuulat/näyte (paitsi villakangas-näytteet A1,A8 ja A22)	10 kpl	10 kpl		10 kpl
Huuhteluliuoksen määrä	2x100 ml	2x100 ml		2x100 ml
Huuhteluaika	2x1 min	2x1 min		2x1 min
Huuhteluveden lämpötila	+40°C	+40°C		+40°C

Kuvassa 6.21 on esitetty huuhtelumaljat, joissa näytteet huuhdeltiin pesujen jälkeen käytetyn standardin mukaisesti +40°C asteen lämpötilassa kaksi kertaa 1 minuutin ajan tislatussa vedessä.



Kuva 6.21. Kangasnäytteiden huuhtelu lasimaljoissa.

Huuhtelujen jälkeen näytepalojen annettiin kuivua. Arviointiryhmä arvioi kuivien näytepalojen hajua arviointilomakkeella, jonka jälkeen tuloksista laskettiin keskiarvot ja ne analysoitiin. Hajuarvioinnista on tarkemmin kerrottu luvussa 6.6.

6.4 Pesun B tutkimusmenetelmät

Taulukossa 6.3 on esitetty pesun B pesuparametrit. Pesuaineina käytettiin Kiilto Antibact ja Serto Green pesuaineita sekä 5 paino-%:sta etikkahappoa. Pesulämpötila oli +60°astetta ja pesuaika 30 minuuttia. Liuosta valmistettiin jokaista kolmea pesuainetta kohden 1100 ml tislattuun veteen, josta 1050 ml jaettiin näytekohtaisesti eli 150 ml yhtä teräsastiaa kohden. Jäljelle jääneestä 50 ml:sta mitattiin liuoksen pH-arvo. Kiilto Antibact liuoksessa pesuainemäärä oli 5,5 ml, Serto Green pesuaineliuoksessa 4,4 ml ja etikkahappoliuoksessa 100 ml. Yhtä näytepalaa kohden liuosmäärä oli 150 ml ja teräskuulia käytettiin 10 kpl, paitsi villakangasnäytekappaleille B1, B8 ja B22. Pesujen jälkeen lopuksi jokainen näytepala huuhdeltiin 2 kertaa yhden minuutin ajan +40°C asteisessa vedessä.

Taulukko 6.3. Pesun B pesuparametrit.

PESU B			
Näytteen nro	B1-B7	B8-B14	B22-B28
Pesuaine	Kiilto Antibact	Serto Green	Etikkahappo 5 %
Pesuaineen määrä/1100 ml	5,5 ml	4,4 ml	100 ml
Liuosmäärä/näyte	150 ml	150 ml	150 ml
Liuoksen pH	9,33	6,72	2,46
Pesuaika	30 min	30 min	30 min
Pesulämpötila	+60°C	+60°C	+60°C
Teräskuulat/näyte (paitsi villakangasnäytteet B1, B8 ja B22)	10 kpl	10 kpl	10 kpl
Huuhteluliuksen määrä	2x100 ml	2x100 ml	2x100 ml
Huuhteluaika	2x1 min	2x1 min	2x1 min
Huuhteluveden lämpötila	+40°C	+40°C	+40°C

Huuhtelujen jälkeen näytepalojen annettiin kuivua. Arviointiryhmä arvioi kuivien näytepalojen hajuja arviointilomakkeella, jonka jälkeen tuloksista laskettiin keskiarvot ja ne analysoitiin.

6.5 Pesun C tutkimusmenetelmät

Taulukossa 6.4 on esitetty pesun C pesuparametrit. Pesuaineina käytettiin Kiilto Antibact ja Serto Green pesuaineita sekä 5 paino-%:sta etikkahappoa. Pesulämpötila oli +60°astetta ja pesuaika 45 minuuttia. Liuosta valmistettiin kolmea pesuainetta kohden 1100 ml, josta 1050 ml jaettiin näytekohtaisesti eli 150 ml teräsastiaa kohden. Jäljelle jääneestä 50 ml:sta mitattiin liuoksen pH-arvo. Kiilto Antibact liuoksessa pesuainemää-

rä oli 5,5 ml ja Serto Green pesuaineliuoksessa 4,4 ml. Etikkahappopesua varten liotettiin 100 ml 5 % etikkahappoa 1000 ml:aan tislattua vettä. Yhtä näytepalaa kohden liuosmäärä oli 150 ml ja teräskuulia käytettiin 10 kpl, paitsi villakangasnäytteille C1, C8 ja C15. Pesujen jälkeen lopuksi jokainen näytepala huuhdeltiin 2 kertaa yhden minuutin ajan +40°C asteisessa vedessä, joka toistettiin. Huuhteluaika oli yhteensä 4 minuuttia, jonka jälkeen näytepalojen annettiin kuivua. Haisteluryhmä arvioi kuivien näytepalojen hajuja arviointilomakkeella, jonka jälkeen tuloksista laskettiin keskiarvot ja ne analysoitiin.

Taulukko 6.4. Pesu C:n pesuparametrit.

PESU C			
Näytteet nro	C1-7	C8-14	C22-28
Pesuaine	Kiilto Antibact	Serto Green	Etikkahappo 5 %
Pesuaineen määrä/1100 ml	5,5 ml	4,4 ml	100 ml
Liuosmäärä/näyte	150 ml	150 ml	150 ml
Liuoksen pH	9,33	6,72	2,46
Pesuaika	45 min	45 min	45 min
Pesulämpötila	+60°C	+60°C	+60°C
Teräskuulat/näyte (paitsi villakangasnäytteet C1 , C8 ja C15)	10 kpl	10 kpl	10 kpl
Huuhteluliuoksen määrä	4x100 ml	4x100 ml	4x100 ml
Huuhteluaika	4x1 min	4x1 min	4x1 min
Huuhteluveden lämpötila	+40°C	+40°C	+40°C

Pesujen jälkeen näytteiden annettiin kuivua huoneenlämmössä noin vuorokauden. Tuloksista laskettiin hajukeskiarvot jättämällä suurimmat ja pienimmät arvot pois. Lopuksi tulokset analysoitiin ja ne kuvattiin kuvissa, jotka on esitetty tarkemmin luvussa 7, tulokset.

Otsonointikäsittelyä varten 7 näytekappaletta lähetettiin Tampereen Kalevan Prisman SOL Pesulapalvelut Oy:n kautta Helsinkiin pesulaan otsonointikäsittelyyn. Näytepalojen otsonointi ei ollut Tampereen teknillisellä yliopistolla mahdollista. Otsonointi tapahtui otsonikapissa, josta on esimerkki kuvassa 6.22. Otsonointi ei poista likaa, mutta se desinfioi ja raikastaa tekstiilit. (Remes 2014a.)



Kuva 6.22. Otsonikaappi (Hygio Oy, 2014).

Otsonointi tehtiin kaksi kertaa tehokkaimmalla säädöllä 125 minuutin ajan otsonikaapissa. Kustannukset olivat pienet, sillä käsittely ja postituskustannukset seitsemälle näytekappaleelle maksoivat 7,90 €.

6.6 Hajuarviointiryhmä

Hajuarviointia varten oli tarpeellista koota paneeli eli hajuarviointiryhmä. Se koostui kuudesta riippumattomasta henkilöstä, joiden tehtävänä oli haistaa kangasnäytteitä ennen hajunpoistokäsittelyitä ja niiden jälkeen. Paneelin piti merkitä arvio hajun tasosta arviointilomakkeisiin, jotka ovat liitteissä 2,3 ja 4. Hajuarvioinnin taso merkittiin annettuun hajuarviointilomakkeeseen merkitsemällä rasti hajua parhaiten kuvaavaan kohtaan. Hajuarviointiasteikon tasot 1-6 olivat: 1=hajuton, 2=tuntuva haju, muttei ärsyttävä, 3=siedettävä haju, 4=ärsyttävä haju, 5=hyvin ärsyttävä ja 6=sietämätön haju.

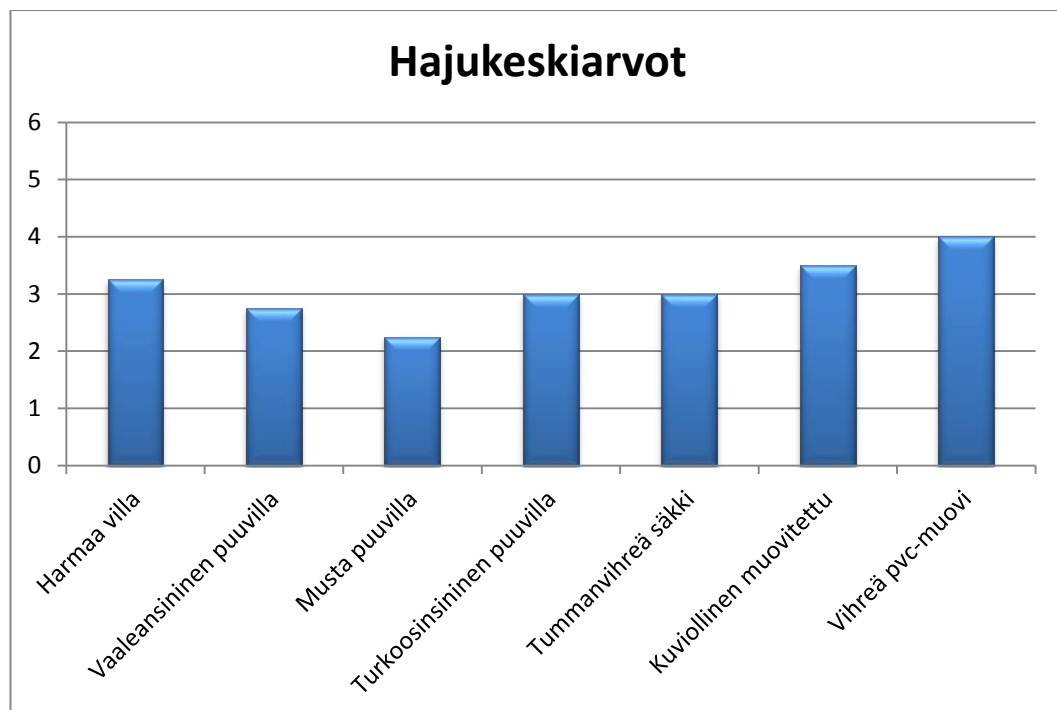


Kuva 6.23. Arviointipaneeli haistelee ja arvioi näytteitä.

Hajuarvioinnit suoritettiin useassa osassa, koska näytekappaleita oli liian monta yhdelle haistelukerralle.

7 TULOKSET

Tulokset kerättiin yhteen ja niistä laskettiin keskiarvot jättämällä suurimmat ja pienimmät arvot pois, kappaleessa 4 esitetyn menetelmän mukaisesti. Käsittelimättömien näytteiden tulokset näkyvät kuvassa 7.1. Hajuarvoasteikko on 1-6.

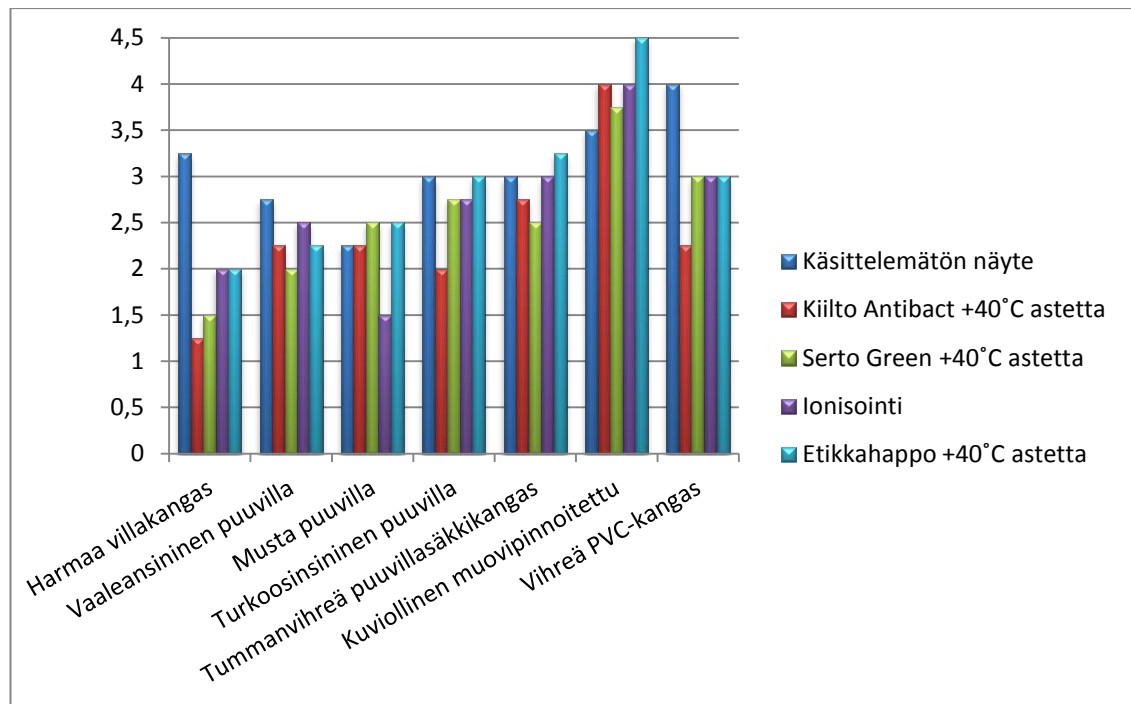


Kuva 7.1. Käsittelimättömien näytekappaleiden hajukeskiarvot.

Harmaan villakankaan hajukeskiarvo oli 3,25 eli siedettävän hajuinen, vaaleansinisellä ja mustalla puuvillakankaalla arvot olivat 2,75 ja 2,25 eli tuntuva muttei ärsyttävä haju. Tummanvihreällä puuvillasäkkikankaalla arvo oli 3 eli siedettävä. Kuviollisella muovipinnoitetulla kankaalla arvo oli 3,5 eli siedettävä ja vihreällä PVC-muovikankaalla arvo oli 4 eli ärsyttävä.

7.1 +40°C asteen pesulämpötilan vaikutus hajunpoistoon

Kuvassa 7.2 on kuvattuna käsittelimättömien näytteiden hajukeskiarvot verrattuna +40°C asteen pesulämpötilassa pestyjen näytteiden tuloksiin. Pesuaineina olivat Kiilto Antibact, Serto Green ja 5-paino-%:n etikkahappo. Myös ionisoinnin tuloksia on vertailtu samassa taulukossa. Hajuarvoasteikko on 1-6.



Kuva 7.2. +40°C asteen pesulämpötilan vaikutus näytteiden hajukeskiarvojen tuloksiin.

Pesu Kiilto Antibact pesuaineella +40°C asteen pesulämpötilassa voi sanoa, että se laski viiden näytteen arvoja, joita olivat harmaa villakangas (1,25), vaalean sininen puuvillakangas (2,25), turkoosin sininen puuvillakangas (2), tummanvihreä puuvillasäkkikangas (2,75) ja vihreä PVC-muovikangas (2,25). Musta puuvillakangas pysyi samana (2,25) ja kuviollisen muovipinnoitetun kankaan arvo nousi (4). Harmaasta villakankaasta tuli hajuton.

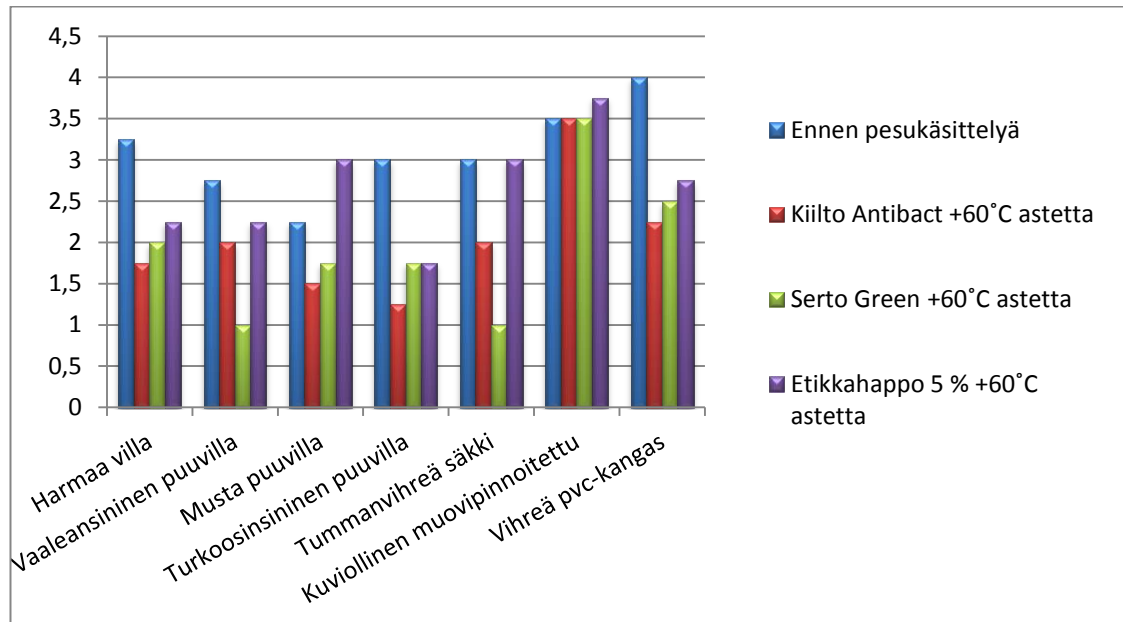
Pesu Serto Green pesuaineella +40°C pesulämpötilassa laski viiden näytteen arvot tulosten perusteella. Niitä olivat harmaa villakangas (1,5), vaaleansininen puuvillakangas (2), turkoosin sininen puuvillakangas (2,75), tummanvihreä puuvillasäkkikangas (2,5) ja vihreä PVC-muovikangas (3). Hajuarvot nousivat seuraavilla näytteillä, joita olivat musta puuvilla kangas (2,5) ja kuviollinen muovipinnoitettu kangas (4). Harmaasta villakankaasta tuli hajuton.

Etikkahappopesusta +40°C pesulämpötilassa voi tulosten perusteella sanoa, että se laski seuraavien näytteiden hajuarvoja: harmaan villakangas (2), vaaleansininen kangas (2,25) ja vihreä PVC-muovikangas (3). Hajuarvo pysyi samana turkoosilla puuvillakankaalla (3). Hajuarvot nousivat mustalla puuvillakankaalla (2,5), tummanvihreällä säkkikankaalla (3,25) ja kuviollisella muovipinnoitetulla kankaalla erittäin korkea arvo (4,5), joka on merkille pantavaa. Yhdestäkään näytteestä ei tullut hajutonta.

Tulosten perusteella ionisointikäsitteily laski seuraavien näytteiden hajuarvoja, joita olivat: harmaa villakangas (2), musta puuvillakangas (1,5), turkoosi puuvillakangas (2,75) ja vihreä PVC-muovikangas (3). Hajuarvo pysyi samana tummanvihreällä puuvillasäkkikankaalla (3) ja nousi kuviollisella muovipinnoitetulla kankaalla (4). Hajuttomaksi tuli tulosten perusteella musta puuvillakangas.

7.2 +60°C asteen pesulämpötilan vaikutus hajunpoistoon

Kuvassa 7.3 on kuvattuna käsittelemättömien näytteiden hajukeskiarvojen tulokset verrattuna +60°C asteen pesulämpötilassa, 45 minuutin pesuajan jälkeen pestyjen näytteiden tuloksiin. Pesuaineina olivat Kiilto Antibact, Serto Green ja 5-paino%:n etikkahappo. Hajuarvoasteikko on 1-6.



Kuva 7.3. +60°C asteen pesulämpötilan vaikutus hajukeskiarvojen tuloksiin.

Kiilto Antibact pesuaineella +60°C pesulämpötilassa ja 30 minuutin pesuajassa hajuttomiksi saatiin harmaa villakangasnäyte (1,75), musta puuvilla kangas (1,5) ja turkoosinsininen puuvillakangas (1,25). Myös seuraavien näytteiden arvot laskivat: vaaleansininen puuvillakangas (2), tummanvihreä puuvillasäkkikangas (2) ja PVC-muovikangas (2,25). Kuviollinen muovipinnoitettu kangas pysyi samana (3,5).

Serto Green pesuaineella +60°C pesulämpötilassa ja 30 minuutin pesuajassa saatiin hajuttomiksi +60°C pesulämpötilassa vaaleansininen puuvillakangas (1), musta puuvillakangas (1,75), turkoosinsininen puuvillakangas (1,75) ja tummanvihreä puuvillasäkkikangas (1). Myös seuraavien näytteiden arvot laskivat ja olivat lähellä hajutonta: harmaa villakangasnäyte (2) ja PVC-muovikangas (2,5). Kuviollinen muovipinnoitettu kangas pysyi samana (3,5).

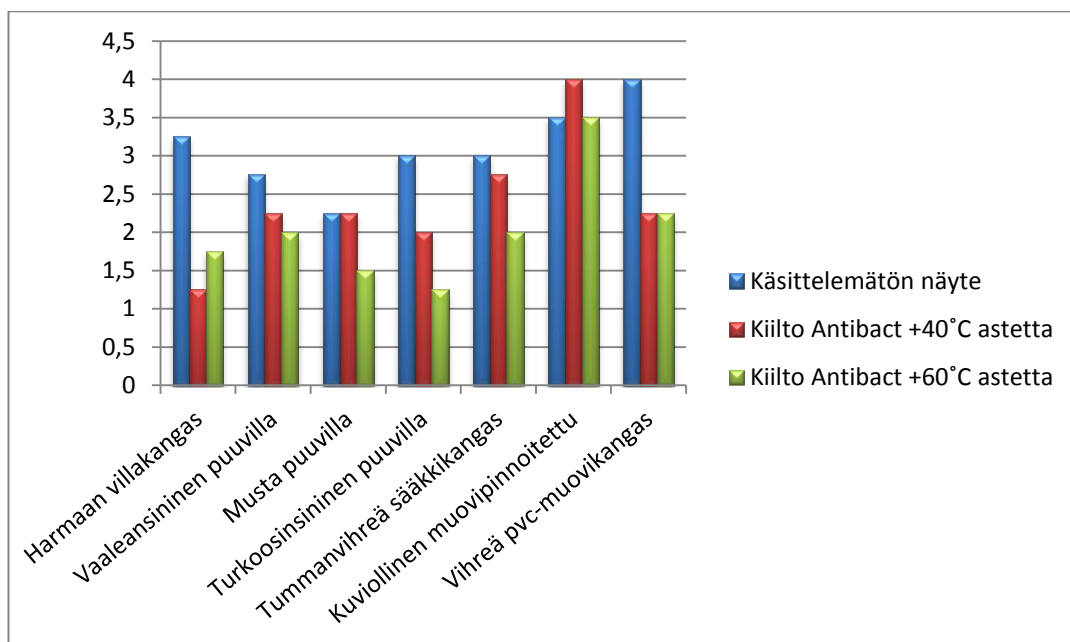
Etikkahappopesussa hajuttomaksi tuli turkoosinsininen puuvillakangas (1,75). Myös seuraavien näytteiden arvot laskivat: harmaa villakangas (2,25), vaaleansininen puuvillakangas (2,25), musta puuvillakangas (3), tummanvihreä puuvillasäkkikangas (3) ja PVC-muovikangas (2,75). Kuviollisen muovipinnoitetun kankaan arvo nousi (3,75).

Lämpötilan vaikutuksesta näytteisiin tulosten perusteella voi sanoa, että pesulämpötilan nostaminen vaikutti hajuttomien näytteiden määrän lisääntymiseen. Myös eri

pesuaineilla saatiin eri tuloksia. Serto Green aineella saatiin eniten hajuttomia näytteitä. Kiilto Antibactilla seuraavaksi eniten hajuttomia näytteitä.

7.2.1 +40°C asteen ja +60°C asteen pesujen vaikutusten vertailu

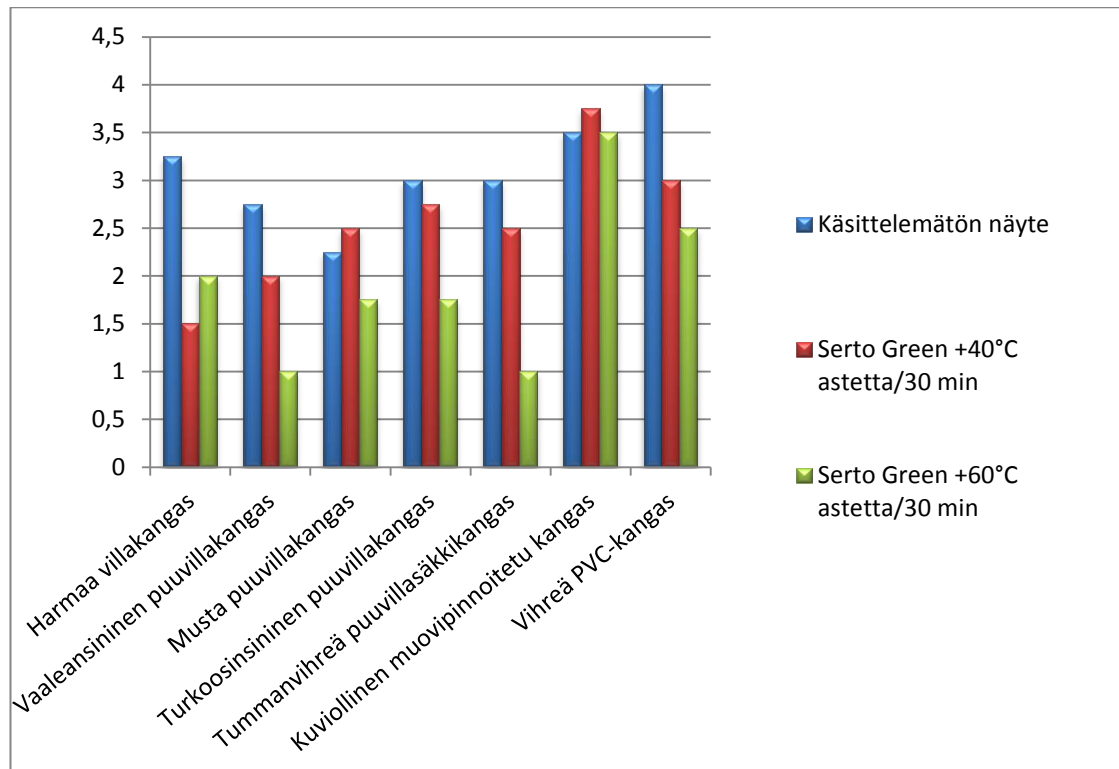
Kuvassa 7.4. on esitetty vertailu käsittelemättömään näytteeseen, kun pesuaineena oli Kiilto Antibact pesuaine, pesuaika 30 minuuttia ja pesulämpötilat +60°C ja +40°C astetta. Hajuarvoasteikko on 1-6.



Kuva 7.4. +40°C asteen ja +60°C asteen pesulämpötilan vaikutus hajukeskiarvojen tuloksiin Kiilto Antibact pesuaineella.

Pesun lämpötilan vaikutus on tehonnut näytteisiin, jolloin +60°C asteessa on saatu enemmän hajuttomia näytteitä (hajukeskiarvo on ollut alle 2). Kiilto Antibact pesuaine on myös ollut tehokkaampi korkeammassa pesulämpötilassa, jolloin alle arvon 2 tulleita näytteitä oli 3 kpl +60°C asteen lämpötilassa. +40°C:n lämpötilassa saatiin vain yksi hajuton näyte. Merkillepantavaa on, että kuviollinen muovipinnoitettu näyte sai arvon 4 Kiilto Antibact pesuaineella +40°C asteen pesussa.

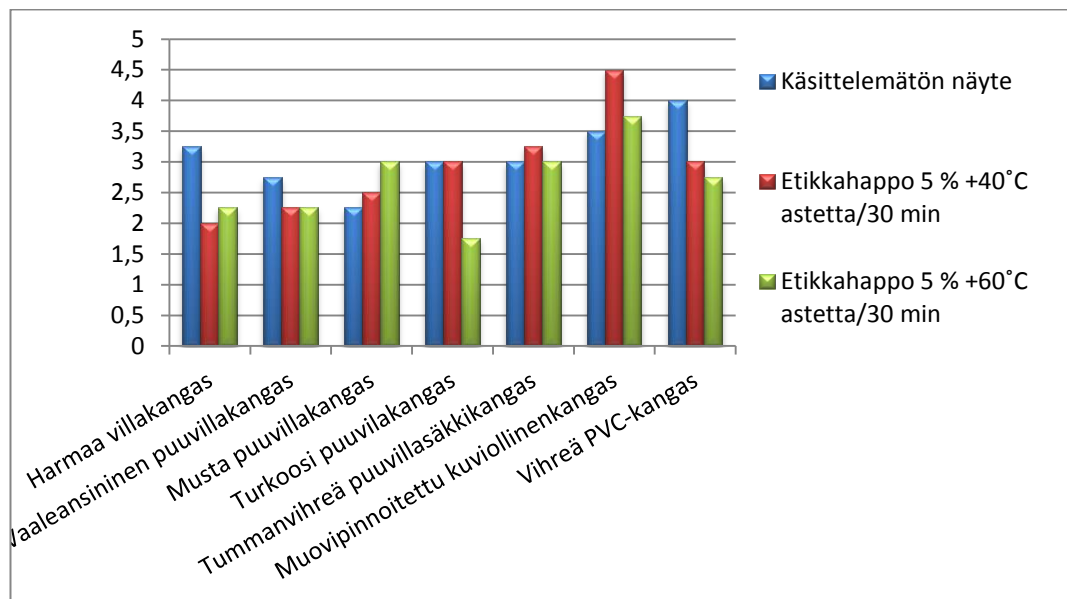
Kun pesuaineena oli Serto Green ja pesuaika 30 minuuttia, voi pesulämpötilojen vertailusta tulosten perusteella sanoa, että +60°C asteen pesulämpötila on laskenut enemmän näytekkappaleiden hajukeskiarvoja kuin +40°C asteen pesu, joka on esitetty kuvassa 7.5.



Kuva 7.5. +40°C asteen ja +60°C asteen pesulämpötilan vaikutus hajukeskiarvojen tuloksiin Serto Green pesuaineella.

Pesun lämpötilan vaikutus tehosi näytteisiin, jolloin korkeammassa lämpötilassa tuli enemmän hajuttomia näytteitä (hajukeskiarvo on ollut alle 2). Serto Green pesuaine oli tehokkaampi korkeammassa pesulämpötilassa, jolloin hajuttomia näytteitä tuli 4 kpl +60°C asteen lämpötiloissa ja yksi näyte +40°C:n lämpötilassa.

Kuvassa 7.6 on esitetty vertailu, kun pesuaineena oli 5-paino-%:n etikkahappo, pesulämpötilat +60°C astetta ja +40°C astetta ja pesuaika oli 30 minuuttia. Pesulämpötilojen vertailusta voi tulosten perusteella sanoa, että +60 °C asteen pesulämpötila on laskenut enemmän näytekappaleiden hajukeskiarvoja kuin +40°C asteen pesu.

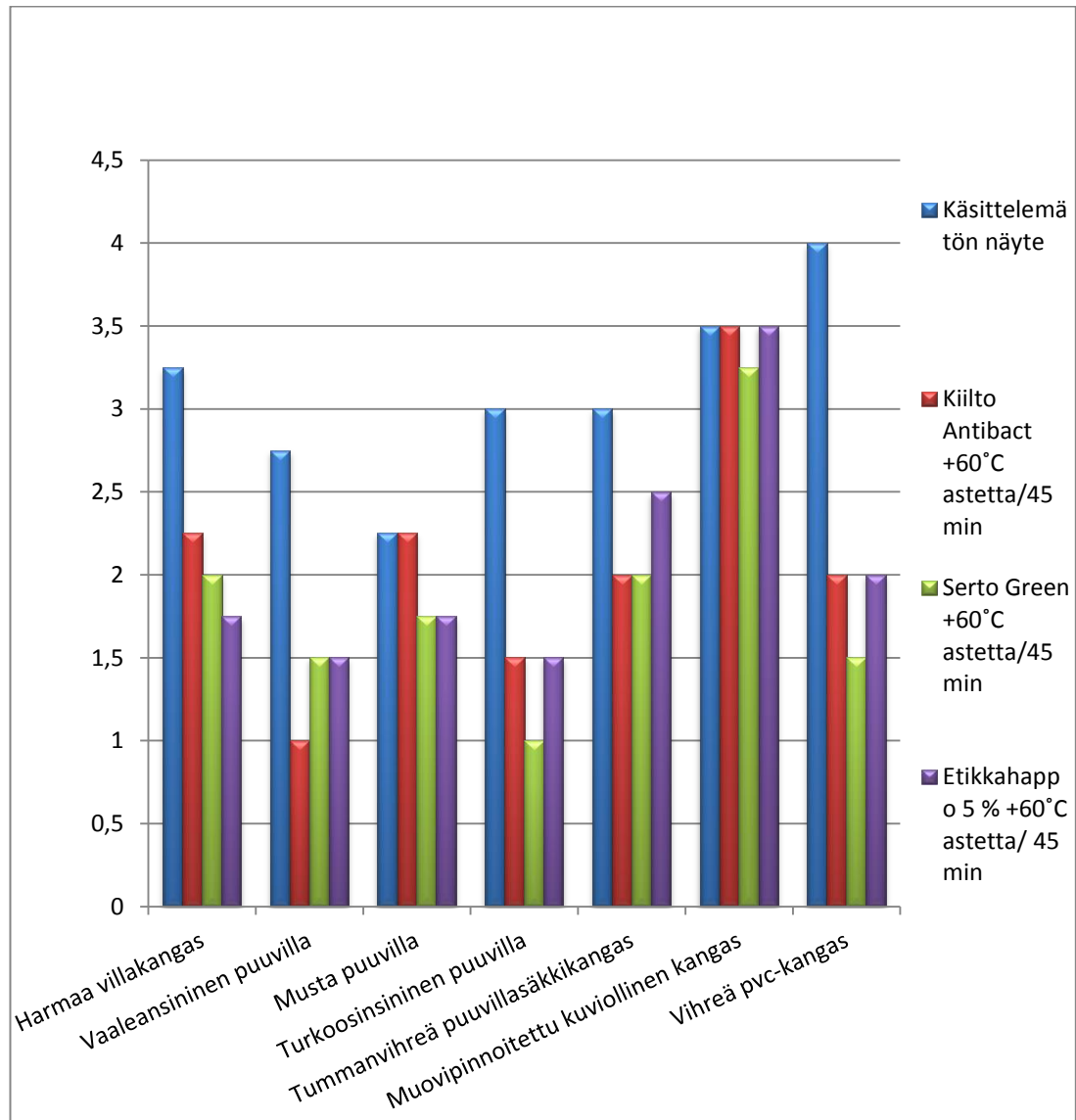


Kuva 7.6. +40°C asteen ja +60°C asteen pesulämpötilan vaikutus hajukeskiarvojen tuloksiin 5-paino-%:lla etikkahapolla.

Pesun lämpötilan vaikutus on tehonnut joihinkin näytteisiin, jolloin korkeammassa lämpötilassa on saatu enemmän hajun alenemisia, eli neljän näytteen tulokset ovat laskeneet +60°C asteessa. Kahden näytteen arvot ovat nousseet. Merkillepantavaa on, että muovipinnoitetun näytteen arvo nousi jopa 4,5:een. Kaikkiaan saatiin 1 hajuton näyte

7.3 Pesuajan vaikutus hajunpoistoon

Pesussa C nostettiin pesuaikaa 30 minuutista 45 minuuttiin. Kuvassa 7.7 on vertailtu hajukeskiarvojen tuloksia käsitlemättömien ja +60°C asteen pesulämpötilassa, 45 minuutin pesuajassa pestyjen näytteiden kesken. Pesuaineina olivat Kiilto Antibact, Serto Green ja 5 paino-%:n etikkahappo.



Kuva 7.7. 45 minuutin pesuajan vaikutus hajukeskiarvojen tuloksiin.

45 minuutin pesuajan tuloksista +60°C pesulämpötilassa ja 45 minuutin pesuajassa Kiilto Antibact pesuaineella sanoa, että pidempi pesaika laski harmaan villakankaan (2,25), vaaleansininen puuvillakankaan (1), turkoosinsinisen puuvillakankaan (1,5), tummanvihreän säkkikankaan (2) ja vihreä PVC-kankaan (2) hajuarvoja. Samana pysyivät musta puuvilla näyte (2,25) ja kuviollinen muovipinnoitettu kangas (3,5). Hajuttomiksi tulivat vaaleansininen ja turkoosinsininen puuvilla näyte.

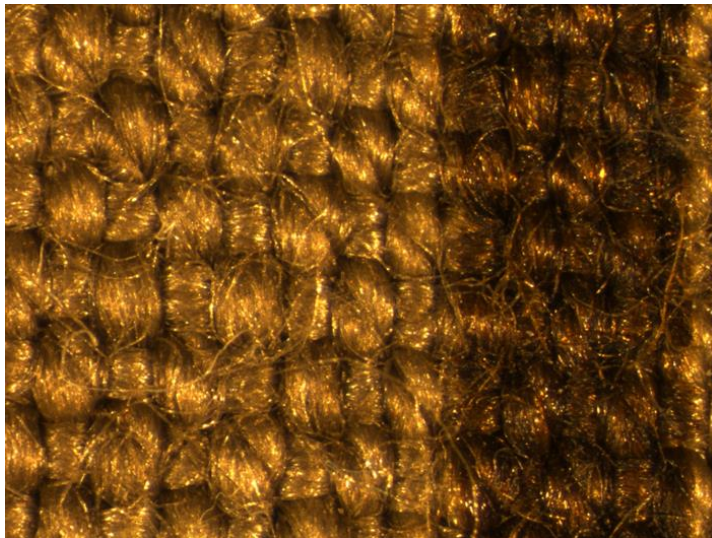
45 minuutin pesuajan tuloksista +60°C pesulämpötilassa Serto Green pesuaineella sanoa, että hajuarvot laskivat harmaalla villakankaalla (2), vaaleansinisellä puu-

villakankaalla (1,5), turkoosinsinisellä puuvillakankaalla (1), tummanvihreällä säkkikankaalla (2) ja vihreällä PVC-muovikankaalla (1,5). Samana pysyivät musta puuvillakangas (1,75) ja kuviollinen muovipinnoitettu kangas (3,25). Hajuttomiksi tulivat vaaleansinisen, mustat ja turkoosinsiniset puuvillakankaat sekä vihreä PVC-kangas.

45 minuutin pesuajan tuloksista $+60^{\circ}\text{C}$ pesulämpötilassa 5 paino-%:lla etikkahapolla sanoa, että seuraavien näytteiden arvot laskivat: harmaa villakangas (1,75), vaaleansininen puuvillakangas (1,5), musta puuvillakangas (1,75), turkoosinsininen puuvillakangas (1,5), tummanvihreä säkkikangas (2,5) ja vihreä PVC-muovikangas (2). Kuviollisella muovipinnoitetulla kankaalla arvo pysyi samana (3,5). Hajuttomiksi tulivat harmaavillakangas, vaaleansiniset, mustat ja turkoosinsiniset puuvillakankaat.

7.4 Mikroskooppitarkastelu pesun jälkeen

Ennen hajunpoistokäsittelyitä näytteitä tutkittiin mikroskoopilla. Erityisesti kiinnostava näyte oli muovipinnoitettu näyte, koska siinä näkyi likaa ennen pesukäsittelyä ja sen hajukeskiarvo on raja-arvossa 3. Pesujen jälkeen muovipinnoitetusta kangasnäytteestä otettiin uudestaan mikroskooppikuva. Erityisesti kiinnostavaa oli nähdä muovipinnoitetun muovikankaan lopputulos pesun C jälkeen mikroskoopissa, joka näkyy kuvassa 7.8.



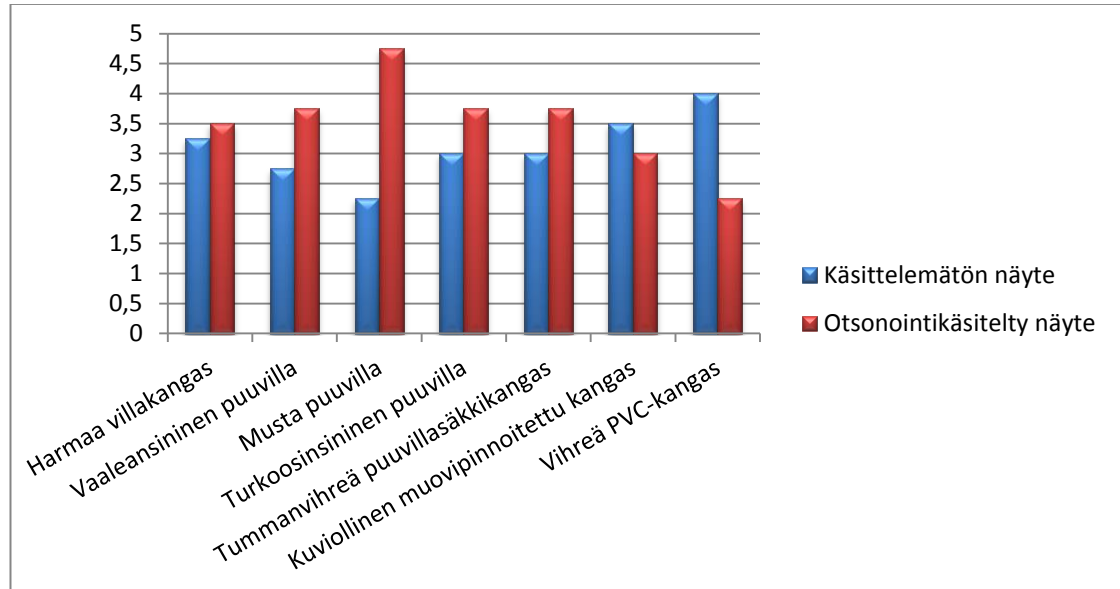
Kuva 7.8 Mikroskooppikuvassa on muovipinnoitettu kuviollinen kangas $+60^{\circ}\text{C}$ asteen ja 45 minuutin pesuajan jälkeen.

Mikroskooppisessa tarkastelussa näkyy, että pesu C:ssä $+60^{\circ}\text{C}$ pesulämpötilassa 45 minuutin pesuajan jälkeen näytteestä on likaa lähtenyt pois.

7.4 Otsonointikäsittelyn tulokset

Yhteenvedona voi otsonointikäsittelystä sanoa, että se nosti viiden näytteen hajuarvoja, jotka olivat harmaa villakangas, vaaleansininen puuvillakangas, musta puuvillakangas-

näyte, turkoosinsininen puuvillakangas ja tummanvihreä säkkikangas. Otsonointi laski kuviollisen muovipinnoitetun kankaan ja vihreän PVC-muovikankaan arvoja, josta jälkimmäinen lähelle hajutonta.



Kuva 7.9. Käsitlemättömien ja otsonointikäsiteltyjen näytteiden hajukeskiarvojen tulokset.

Otsonointikäsittely tehoi parhaiten muovipinnoitettuun ja vihreään PVC-kankaaseen, jonka hajuarvo laski lähelle hajutonta.

7.5 Yhteenveto hajunpoistokäsittelyiden tuloksista

Yhteenveto hajunpoistokäsittelyiden tuloksista on kuvattuna liitteessä 4. Tulokset osoittavat, että lähes kaikista näytteistä saatiin hajuttomia eri hajunpoistokäsittelyillä. Kuitenkaan muovipinnoitetusta kuviollisesta näytteestä ei saatu hajutonta millään käsittelyllä, joka pysyi koko ajan siedettävän hajuisena. +40°C asteen pesulämpötilassa saatiin vain 2 hajutonta näytettä 28 kpl:sta. Näytteistä kummatkin olivat harmaita villakankaita. Tulokset saatiin Kiilto Antibact pesuaineella ja Serto Green pesuaineella. 5-paino%:lla etikkahapolla ei saatu yhtäkään hajutonta näytettä +40°C asteessa. Ionisointimenetelmällä ei pystytty poistamaan kaikkia sähköisiä varauksia tekstiileistä, joten niihin jäi hajua. Vain yhdestä puuvillakankaasta tuli ionisointikäsittelyllä hajuton. Luonnonkuitumateriaalit tulivat hajuttomiksi tai lähelle sitä ja muovipinnoitetun näytteen arvo pysyi ennallaan. Kuitenkin PVC-muovikankaan arvo lähes puolittui ionisoinnin ansiosta.

Pesulämpötilan nostaminen +60°C asteeseen laski hajuarvoja selvästi, sillä hajuttomia näytteitä saatiin 8 kpl 21 kpl:sta, pesuajan ollessa 30 minuuttia. Pesuparametreja muuttamalla eli pesuajan pidentäminen 45 minuuttiin laski eniten hajuarvoja, jolloin

hajuttomia näytteitä saatiin eli 10 kpl 21:stä. Otsonointikäsittelyllä ei saatu yhtään hajutonta näytettä. Otsonointikäsittely nosti luonnonkuitumateriaalien hajuarvoja, mutta laski hajuarvoja kuviollisen muovipinnoitetulla näytteellä näytteen ja PVC-muovikankaan hajuarvoja, joista jälkimmäinen oli lähellä hajutonta.

8 TULOSTEN LUOTETTAVUUDEN TARKASTELU

Tämä tutkimus on ollut luonteeltaan kvantitatiivinen, sillä siihen sisältyy määrällisiä aineistoja. Perinteisesti tutkimuksen luotettavuutta on arvioitu validiteetin ja reliabiliteetin käsitteillä. (Anttila 1998, 488 s.)

Tutkimuksen validiteetti tarkoittaa tutkimuksen pätevyyttä eli sen kykyä mitata sitä, mitä sillä on tarkoitus mitata. Validiteetin arviointi kohdistaa huomionsa kysymyseen, kuinka hyvin tutkimusmenetelmä ja siinä käytetyt mittarit vastaavat sitä ilmiötä, jota halutaan tutkia. (Anttila 1998, 488 s.)

Reliabiliteetti-käsite kuuluu yleensä määrälliseen eli kvantitatiiviseen tutkimukseen. Reliabiliteetilla eli ”luotettavuudella” viitataan perinteisesti käytetyn tutkimusmenetelmän kykyyn antaa ei-sattumanvaraisia tuloksia, toisin sanoen käsitteellä tarkoitetaan tutkimusmenetelmän ja käytettyjen mittareiden kykyä saavuttaa tarkoitettuja tuloksia. (Anttila 1998, 488 s.)

Tässä tutkimuksessa on raportoitu pesutestien ja hajunpoistokäsittelyissä käytetyistä menetelmistä avoimesti mitään siitä jättämättä pois. Hajuarviointien analyysien ja tulosten esittämisen uskottavuutta on pyritty lisäämään teorian hyödyntämisen avulla. Tulosten muodostamisen on keskitytty tutkimuksen tavoitteiden saavuttamiseen eli tekstiilien hajuttomuuteen.

Tutkimuksen teoriaosassa käytetty aineisto on ollut monipuolista. Lähteet ovat usein olleet sähköisessä muodossa ja erilaisia internet-kotisivuja. Niiden luotettavuus saattaa jossain määrin olla matalampi kuin painettujen aineistojen. Aineistojen valintaan on vaikuttanut se, että taustalla on tunnettu yritys tai organisaatio. Niiden pitäisi myös lisätä lähteiden uskottavuutta.

Tutkimuksen kangasnäytteiden lukumäärä ei ole ollut kovin laaja, tutkimuksen tavoitteena on ollut selvittää annettujen tekstiilinäytteiden mahdollisuutta tulla hajuttomiksi. Lisäksi Hajunpoistomenetelmien tarkastelussa on pyritty selvittämään teoriassakin esitetyt keskeiset näkökohdat.

Tutkimuksen tuloksia voitaneen yleistää ja siirtää käytäntöön pesulamaailmaan. Pesuaineiden tehokkuus on osoitettu tulosten perusteella. Myös pesulämpötilan nostaminen ja pesuajan nostaminen antoivat tulokset hajuttomista näytteistä. Myös ionisoinnin ja otsonoinnin käyttö on suositeltavaa ainakin muovisten tekstiilien osalta pesun lisäksi. Silika-geelipussien käytön mahdollisuutta on mietitty lisäksi tutkimuksen alussa. Teorian pohjalta ja nykyisen yrityksen käytännön pohjalta silika-geelipussien käyttöä suositellaan käytettäväksi yrityksen tekstiilivarastossa tekstiilien suojaamiseksi kosteus- ja mikrobivaurioilta.

9 YHTEENVETO

Tulosten perusteella tutkimus onnistui hyvin, koska sillä saavutettiin asetetut tutkimustavoitteet. Tutkimuksen tarkoituksena oli pyrkiä vastaamaan asetettuihin tutkimuskysymyksiin, joista ensimmäinen oli, saadaanko haju poistettua materiaaleista tutkimuksessa käytetyillä hajunpoistomenetelmillä? Haju saatiin poistettua lähes kaikista materiaaleista tutkimuksessa käytetyillä hajunpoistomenetelmillä, joita olivat pesutestit, ionisointikäsittely ja otsonointikäsittely. Pesutestien tulosten perusteella $+40^{\circ}\text{C}$ asteen pesulämpötilassa, pesuajan ollessa 30 minuuttia, saatiin 2 hajutonta näytettä 28 kpl:sta. Tuloksesta selviää, että $+60^{\circ}\text{C}$ asteen pesulämpötilassa 30 minuutin pesuajalla saatiin 8 kpl hajuttomia näytteitä 21 kpl:sta. $+60^{\circ}\text{C}$ asteen pesulämpötilassa hajuttomia näytteitä saatiin 10 kpl 21:stä. Hajuttomuus johtuu siitä, että pesuissa on ollut mukana lämpötilan tuoma puhdistava vaikutus ja pesuliuoksen tensidien liankantokyky on vaikuttanut lian irtoamiseen näytteistä.

Ionisointikäsittelyllä saatiin yksi hajuton näyte. Ionisoinnilla ei pystytty poistamaan kaikkia sähköisiä varauksia tekstiileistä, joten niihin jäi hajua. Hajuarvot olivat kuitenkin hyvin samansuuntaisia luonnonkuiduilla, lähellä hajuarvoa 2 (hajuasteikolla 1-6). Otsonointikäsittely nosti samansuuntaisesti kaikkien luonnonkuitumateriaalien hajuarvoja, mutta laski hajuarvoja ”hankalilla” muovisilla materiaaleilla, joissa päästiin lähelle arvoa 2 (hajuasteikolla 1-6). Otsoni on toiminut muovisissa materiaaleissa hajua aiheuttavien yhdisteiden poistamisessa rikkomalla niiden sidoksia. Otsoni on tunkeutunut kaikkialle kuituun ja vaikuttanut kauttaaltaan näytteessä. Otsonointikäsittelyllä ei saatu yhtään hajutonta näytettä, mutta lähellä hajutonta päästiin ”hankalan” muovimateriaalin kanssa.

Toisena tutkimuskysymyksenä oli, voiko pesuprosessin parametreja muuttamalla vaikuttaa materiaalien hajuun? Pesuparametrien muuttamisella voidaan vaikuttaa materiaalien hajuun. Tulosten mukaan pesulämpötilan nostaminen $+40^{\circ}\text{C}$ asteesta $+60^{\circ}\text{C}$ asteeseen laski hajuarvoja pesuajan ollessa 30 minuuttia, sillä hajuttomia näytteitä saatiin 8 kpl 21 kpl:sta. Tulosten perusteella pesuparametrien muuttaminen laski enemmän näytteiden hajuarvoja kun pesuaikaa nostettiin 45 minuuttiin ja pesulämpötila pysyi $+60^{\circ}\text{C}$ asteessa. Tulosten perusteella hajuttomia näytteitä saatiin 10 kpl 21:stä. Lähes kaikista näytteistä tuli hajuttomia tai arvo oli hajuttomuuden rajalla. Ainoa näyte, jota ei saatu hajuttomiksi millään hajunpoistokäsittelyllä, oli muovipinnoitettu kuviollinen kangas. Sen hajuarvo oli alimmillaankin vain siedettävän hajuinen. Pesuaineista Serto Green aineella saatiin eniten hajuttomia näytteitä, koska sillä on hyvä liankantokyky, se on mieto emäs ja sisältää hyvin vähän saostuvia ainesosia, joten se soveltuu myös huo-koisille tekstiileille, jotka tavalliset pesuaineet voivat tukkia. Hajun aiheuttajat ja lika

saatiin irrotettua tekstiilin pinnalta. Varsinkin muoviset kangasmateriaalit olivat hankalia käsiteltäviä hajunpoiston kannalta verrattuna luonnonkuituisiin näytteisiin. Nykyisin tekstiilit jäävät haiseviksi, jolloin liankanto ei ole ollut pesussa tarpeeksi suuri.

Hajunpoistokäsittelyistä voi yhteenvedona sanoa, että tehokkaiisiin tuloksiin päästään $+60^{\circ}\text{C}$ asteen pesussa käyttämällä pesuainetta, jolla on hyvä liankantokyky sekä kostuttaa hyvin tekstiilejä eikä tuki niiden huokosia. Jos materiaali ei kestä $+60^{\circ}\text{C}$ asteen pesua ja $+40^{\circ}\text{C}$ asteen lämpötila ei ole riittävä tappamaan mikrobeja, voidaan tarvita tekstiilipesuaineen sijaan pesevän desinfiointiaineen apua. Kiilto Antibact on desinfioiva nestemäinen ja kvattipitoinen tehopuhdistaja. Varsinkin muovitetuissa materiaaleissa otsonoinnin lisänä voisi käyttää lisäksi tekstiilipesuainetta, jotta likamassat saataisiin irrotettua haastavimmista tekstiileistä. Edellä mainituilla keinoilla hajunpoisto tehostuisi ja saataisiin parempi lopputulos.

Kolmas tutkimuskysymys oli: onko silika-geelipussien käyttö mahdollista materiaalien varastoinnissa? Tutkimusten mukaan silika-geelit imevät itseensä kosteutta ja se on hyvä kuivausaine, kuivain ja kuivausagentti. Kun lämpötilaolosuhteet, suhteellinen ilmankosteus, tekstiilimateriaalin ja hiiliravinteen lähteen kosteuspitoisuus on optimaalinen, mikrobit menestyvät ja se huonontaa tekstiilimateriaaleja. Tutkimusten pohjalta voi antaa yritykselle suosituksen käyttää silika-geelipusseja tekstiilien varastoinnissa, jotta hajujen ja kosteuden aiheuttamia haittoja ehkäistäisiin.

Tulevaisuudessa yritys voi pohtia pesuaineen muuttamista nykyisestä Kiilto L103 pesuaineesta Serto Green tai Kiilto Antibact pesuaineeksi ja harkita nykyisen pesulämpötilan nostamista nykyisestä $+50^{\circ}\text{C}$ asteesta $+60^{\circ}\text{C}$ asteeseen. Niillä saataneen hajuttomia tekstiilejä myös pesulaoloissa. Yritys voi lisäksi pohtia tulevaisuudessa, kuinka varastointivaiheessa toimitaan haisevien tekstiilien kanssa. Jaotellaanko haisevat materiaalit eri tiloihin, etteivät niiden haju tartu hajuttomiin tuotteisiin? Eräs ratkaisu olisi siirtää haisevat ja haasteellisimmat armeijatekstiilit täysin toiseen tilaan, jolloin kontaminaatiota hajuttomiin tekstiileihin ei tapahdu. Lisäksi siinä voisi tutkia esimerkiksi toiminta-ohjeistusta, jolla voidaan karsia erittäin pahasti haisevat tekstiilit pois ennen tuotantoa. Mahdolliset poistettavat materiaalit hävitetään esimerkiksi energijätteen mukana. Tekstiililavojen mallikortin käyttö, josta saisi selville tekstiilin aiemman säilytyksen, voisi olla mahdollisuus joka antaisi nopeasti tietoa lavan materiaalin sisälöstä sekä materiaalien hajusta ja helpottaisi niiden käsittelyä. Jatkotutkimuksessa voisi selvittää liotinpesun vaikutusta hankaliin muovimateriaaleihin. Tutkimusten mukaan liuottimet poistavat kierrätetyistä muoveista hajuja, joten muovimateriaalien liuotinpesuista voi olla hyötyä hajun alenemisen kannalta.

LÄHTEET

Painetut lähteet

Andreus, Juergen, Dalmolin, Mara C, de Oliveira Junior, Iguatemy B., Barcellos, Ivonete O. 2010. Application of cyclodextrins in textile processes. Quimica nova. Volume 33, Issue 4. Univ Reg Blumenau, Dept Quim, CP 1507, BR-89010971 Blumenau, SC, Brazil. pp. 929-937

Annis, Patricia A. 2012. Understanding and Improving the Durability of Textiles. Woodhead Publishing. 263 p.

Anttila, P. 1998. Tutkimisen taito ja tiedon hankinta. Taito-, taide- ja muotoilualojen tutkimuksen työvälineet. Helsinki. Akatiimi. s. 488

Bartels, V. T. 2001. Handbook of Medical Textiles. Woodhead Publishing. 567 p.

Black & Veatch Corporation White's Handbook of Chlorination and Alternative Disinfectants. 5th Edition. John Wiley & Sons. 2010, 1062 p.

Bledzki, A, Kessler, A., Lieser, Jurgen. 1999. Odour reduction on plastics and its measurement. Elsevier Science Ltd. Institut fur Werkstofftechnik, University of Kassel, Germany. Polymer Testing 18. 63-71 pp.

Cook, J. Gordon. 1993. Handbook of Textile Fibres 2. Merrow Publishing Co. Ltd. 723 p.

Cook, J. Gordon. 1993. Handbook of Textile Fibres 1. Merrow Publishing Co. Ltd. 208 p.

Engineering Design Handbook - Environmental Series, Part Five - Glossary of Environmental Terms AMCP 706-119. 1975. U.S. Army Materiel Command. 157 p.

Fukuda, T. and Menz, W. Micro. 1998. Mechanical Systems - Principles and Technology. Elsevier. 266 p.

Fung, W. 2002. Coated and Laminated Textiles. Woodhead Publishing. 402 p.

International Food Information Service. 2009. Dictionary of Food Science and Technology. 2nd Edition. International Food Information Service. IFIS Publishing. 471 s.

Jokelainen A. 1980. Pesukemian perusteet. Helsinki. Gummerus. ss. 69-72

Kafui, K.D. 1994. Transient Heat and Moisture Transfer in Thin Silica Gel Beds. The American Society of Mechanical Engineers. Nov 01, 1994. 946-953 pp.

Lehr,J., Keeley,J., Lehr,J. 2005. Water Encyclopedia. John Wiley & Son cop. 4128 p.

Mattila, H., Oikari, L., Ojala, N. 2008. KMT-5301 Vaatetusteknologia. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto, Kuitumateriaalitekniikka. Luentomateriaali. 142 s.

McCarthy, Brian J. 2011. Textiles for Hygiene and Infection Control. Woodhead Publishing. 210 p.

McKeen, Laurence W. 2012. Film Properties of Plastics and Elastomers. 3rd Edition. Elsevier. 379 p.

McQueen, RH. 2010. Determination of Antimicrobial Efficacy for Textile Products Against Odor-Causing Bacteria. Aatcc Review. Vol.10 (4). 2010. pp. 58-63

Mäntylä, M. 2008. Pesuteknologia. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto. Opintomoniste. 58 s.

Payne, JD, Hyde, H. 2004. Comfortable apparel antibacterial fabrics stay fresher for longer. Quality textiles for quality life. Vol 1-4. pp. 116(4). May 2004. Manchester. England. pp. 716-720

Pesaran, Ahmad A., Mills, Anthony F. 1987. Moisture transport in silica gel packed beds—I. Theoretical study”. Volyme 30, Issue 6. June 1987. USA. Elsevier Ltd. pp. 1037–1049.

Pohanish, Richard P. 2008. Sittig's Handbook of Toxic and Hazardous Chemicals and Carcinogens. 5th Edition. William Andrew Publishings. 144 p.

Rissanen, M. 2009. Tekstiiliraaka-aineet Luonnonkuidut. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto, Materiaaliopin laitos. Luentomateriaali. 160 s.

Riggs, Charles L. 1990. Textile Laundering Technology. Textile Rental Services Association of America. 215 p.

- Rouette, H. 2001. Encyclopedia of Textile Finishing. Woodhead Publishing. 2765 p.
- Salonen, R. 2007. KMT-1300 Tekstiilien testaus. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto, Kuitumateriaalitekniikka. Luentomateriaali. 129 s.
- SFS-EN ISO 105-C06. 1997. Tekstiilit. Värinkestot. Osa C06: Värien pesunkesto koti- ja pesulapalvelussa. Helsinki, Suomen Standardoimisliitto ry. 13 s.
- Tolliver, D.L. 1988. Handbook of Contamination Control in Microelectronics - Principles, Applications and Technology. William Andrew Publishing/Noyes. 486 p.
- Tomsic, Joan L. 2000. Dictionary of Materials and Testing. 2nd Edition. Society of Automotive Engineers Inc. 441 p.
- Ulmer, H., Mitrovics, J., Noetzel, G., Weimar, U., Göpel, W. 1997. Odours and flavours identified with hybrid modular sensor system. Elsevier Science S.A. Institute of Physical and Theoretical Chemistry and centre of Interface Analysis and Sensors, University of Tübingen, Auf der Morgenstelle 8. D-72 076 Tübingen. Germany. pp. 24-33
- Vallero, Danie. 2008. Fundamentals of Air Pollution. 4th Edition. Elsevier. 919 p.
- York, RK, King, MW. 2004. Measuring the olfactory properties of textiles: Human sensory panel or electronic nose? Quality textiles for quality life. 83rd Textile-Institute World Conference Shanghai. Peoples Republic of China. Canadian Food Inspect Agcy, Sensory Sci Lab, Winnipeg, MB R3T 2N6, Canada. Vols 1-4. pp. 527-532
- Zumdahl, Steven. S. 2002. Chemical Principles. Fourth Edition. Houghton Mifflin Company. 1047 p. + Appendixes

Sähköiset lähteet

- Globe Hope Oy. 2014a. [WWW]. [Viitattu 31.1.2014]. Saatavissa: <http://www.globehope.com/fi/story/>
- Globe Hope Oy. 2014b. [WWW]. [Viitattu 28.4.2014]. Saatavissa: <http://www.globehope.com/fi/materiaalit/>
- Hygio Oy. 2014. [WWW]. [Viitattu 8.5.2014]. Saatavissa: <http://www.hygio.fi/hygio-a40.html>

Joutsenmerkki. 2014. [WWW]. [Viitattu 6.2.2014]. Saatavissa: <http://joutsenmerkki.fi/joutsenmerkki/>

Kiilto Clean Oy. 2014a. [WWW]. [Viitattu 11.3.2014]. Saatavissa: <http://kiiltoclean.fi/component/tuotteet/?task=showproduct&prodid=1443&mc=11001&sc=1100102&Itemid=49>.

Kiilto Clean Oy. 2014b. [WWW]. [Viitattu 11.3.2014]. Saatavissa: <http://kiiltoclean.fi/component/tuotteet/tuote/242-kiilto-antibact-yleispuhdistusaine>.

Kw-Filter Oy. 2014. [WWW]. [Viitattu 13.5.2014]. Saatavissa: <http://www.kwfilter.fi/sivut/silikageelit.html>

Oy Lifa Air Ltd. 2014. [WWW]. [Viitattu 5.5.2014]. Saatavissa: http://www.lifa.net/suomi/prod_hajunpoisto_1.php

Seitz GmbH. 2014. [WWW]. [Viitattu 31.1.2014]. Saatavissa: <http://seitz24.com/en/customer-group/dry-cleaners/process/>

Suomen Standardoimisliitto SFS ry. 2014. [WWW]. [Viitattu 7.5.2014]. Saatavissa: http://www.sfs.fi/files/64/ISO14000_15082013.pdf

Suomalaisen Työn Liitto. Avainlippu. 2014. [WWW]. [Viitattu 28.4.2014]. Saatavissa: <http://www.avainlippu.fi/design-finland>

Henkilökohtaiset tiedonannot

Eränen, A. Toimitusjohtaja. 2014. Beretta Palvelut Oy. Helsinki. Sähköpostitiedonanto 7.4.2014

Kaila, K. Kouluttaja. 2014. SOL Pesulapalvelut Oy. Desinfiointi ja raikastus- totta vai tarua. Helsinki. Sähköpostitiedonanto. 7.4.2014. s. 2

Lukkala, S. 2014a. Toimitusjohtaja. Globe Hope Oy. Nummela. Henkilökohtainen tiedonanto. Nummela. 20.12.2013

Lukkala, S. 2014b. Toimitusjohtaja. Globe Hope Oy. Nummela. Sähköpostitiedonanto. 6.2.2014

Luoma, K. 2014a. Tuotannonohjaaja. Globe Hope Oy. Nummela. Sähköpostitiedonanto. 10.4.2014

Luoma, K. 2014b. Tuotannonohjaaja. Globe Hope Oy. Nummela. Sähköpostitiedonanto. 5.5.2014

Mattila, H. Professori. Tampereen teknillinen yliopisto. Sähköpostitiedonanto. 21.2.2014

Peltonen, T. 2014a. Tuotekehityskemisti. Kiilto Clean Oy. Turku. Sähköpostitiedonanto 11.3.2014

Peltonen, T. 2014b. Tuotekehityskemisti. Kiilto Clean Oy. Turku. Sähköpostitiedonanto 6.5.2014

Remes, S. 2014a. Suomen Tekstiilihuoltoliiton puheenjohtaja. Finatex, LaatuPesu Oy, Kuopio. Sähköpostitiedonanto 25.3.2014.

Remes, S. 2014b. Suomen Tekstiilihuoltoliiton puheenjohtaja. Finatex, LaatuPesu Oy, Kuopio. Sähköpostitiedonanto 14.4.2014.

Liite 1. Hajuarviointilomake 1.

NÄYTEPALOJEN HAJUARVIOINTILOMAKE

___ / 3 2014

Merkitse **rastilla (X)** alla olevaan taulukkoon **jokaisen** kangasnäytteen kohdalle sen hajua lähinnä kuvaavaa hajun aste.

Hajuarvointiasteikko on 1-6 ja tasot jaetaan seuraavasti: 1=hajuton, 2=tuntuva haju, muttei ärsyttävä, 3=siedettävä haju, 4=ärsyttävä haju, 5=hyvin ärsyttävä, 6=sietämätön haju.

	Näyte Nro 1	Näyte Nro 2	Näyte Nro 3	Näyte Nro 4	Näyte Nro 5	Näyte Nro 6	Näyte Nro 7
1=hajuton							
2=tuntuva haju, muttei ärsyttävä							
3=siedettävä haju							
4=ärsyttävä haju							
5=hyvin ärsyttävä							
6=sietämätön ha- ju							

Liite 2. Hajuarviointilomake 2/1.

NÄYTEPALOJEN HAJUARVIOINTI LOMAKE

Meri Vuorivirta __/__/2014

Merkitse **rastilla (X)** alla olevaan taulukkoon **jokaisen** kangasnäytteen kohdalle sen hajua lähinnä kuvaavaa hajun aste. Hajuarviointiasteikko on 1-6 ja tasot jaetaan seuraavasti: 1=hajuton, 2=tuntuva haju, muttei ärsyttävä, 3=siedettävä haju, 4=ärsyttävä haju, 5=hyvin ärsyttävä, 6=sietämätön haju.

	Näyte Nro 1	Näyte Nro 2	Näyte Nro 3	Näyte Nro 4	Näyte Nro 5	Näyte Nro 6	Näyte Nro 7
1=hajuton							
2=tuntuva haju, muttei ärsyttävä							
3=siedettävä haju							
4=ärsyttävä haju							
5=hyvin ärsyttävä							
6=sietämätön haju							

	Näyte Nro 8	Näyte Nro 9	Näyte Nro 10	Näyte Nro 11	Näyte Nro 12	Näyte Nro 13	Näyte Nro 14
1=hajuton							
2=tuntuva haju, muttei ärsyttävä							
3=siedettävä haju							
4=ärsyttävä haju							
5=hyvin ärsyttävä							
6=sietämätön haju							

Liite 3. Hajuarviointilomake 2/2.

	Näyte Nro 15	Näyte Nro 16	Näyte Nro 17	Näyte Nro 18	Näyte Nro 19	Näyte Nro 20	Näyte Nro 21
1=hajuton							
2=tuntuva haju, muttei ärsyttävä							
3=siedettävä haju							
4=ärsyttävä haju							
5=hyvin ärsyttävä							
6=sietämätön haju							

	Näyte Nro 22	Näyte Nro 23	Näyte Nro 24	Näyte Nro 25	Näyte Nro 26	Näyte Nro 27	Näyte Nro 28
1=hajuton							
2=tuntuva haju, muttei ärsyttävä							
3=siedettävä haju							
4=ärsyttävä haju							
5=hyvin ärsyttävä							
6=sietämätön haju							



KIITOS AJASTASI JA OSALLISTUMISESTASI!

